

Univerzita Karlova v Praze
Pedagogická fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Kristýna Štromajerová

Univerzita Karlova v Praze
Pedagogická fakulta
Katedra biologie a environmentálních studií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Mravenci a jejich potravní preference: žákovský projekt

Ants and Their Food Preferences: the Pupil Project

Kristýna Štromajerová

Vedoucí práce: Mgr. Dagmar Říhová, Ph.D.

Studijní program: Specializace v pedagogice

Studijní obor: Biologie, geologie a environmentalistika se zaměřením na
vzdělávání — Dějepis se zaměřením na vzdělávání

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Mravenci a jejich potravní preference: žakovský projekt vypracovala pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále prohlašuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne 16. 4. 2019

.....

podpis

Tímto bych ráda poděkovala své vedoucí bakalářské práce Mgr. Dagmar Říhové, Ph.D. za odborné vedení a podnětné připomínky, které mi po dobu psaní práce poskytovala. Dále bych ráda poděkovala celé své rodině za podporu a trpělivost při mém studiu.

ANOTACE

Cílem této práce je navrhnout žákovský projekt pro žáky základních a středních škol, díky kterému si žáci vyzkouší práci v terénu formou pozorování vybraných druhů mravenců a následné vyhodnocování sebraných dat. Jde tedy o komplexní projekt, který by měl žáky vést k samostatnosti ve svém bádání. Aby se žáci lépe orientovali, budou mít k dispozici předpřipravený pracovní list, do kterého budou krok po kroku zanášet výsledky svého pozorování. Od tohoto projektu si slibuji, že žákům přinese nejen teoretické poznatky o životě mravenců, ale i praktické zkušenosti s terénním měřením.

Práce obsahuje rešerši zaměřující se na způsob života mravenců obecně, na jejich přirozenou potravu a také na charakteristické rysy dvou modelových druhů mravenců, mravence lesního a mravence obecného. U každého z těchto druhů jsem se zaměřila na základní informace o jejich výskytu v přírodě, specifickém způsobu života a také o jejich odlišném vzhledu. Dále jsem vytvořila přehledovou tabulku s nejběžnějšími českými mravenci.

KLÍČOVÁ SLOVA

mravenec lesní, *Formica rufa*, mravenec obecný, *Lasius niger*, mravencovití, Formicidae, pozorování, potravní preference, výukový materiál

ANNOTATION

The aim of this paper is to propose a pupil project for primary and secondary school pupils. Thanks to this project, pupils will try a real field work: to observe chosen ant species and to analyse obtained data about food preferences. This complex project should show pupils how to work independently in their own research. The pre-prepared worksheet for better orientation in field work is provided. This project will bring pupils not only new theoretical information about ants' life but also practical experience with the field measurement.

This work includes a review focused on ant life histories in general, as well as on their natural diet and on characteristics of two model species, the Forest Ant and the Common Ant. I focused on basic information about their occurrence in nature, specific way of life

and also on differences in their appearance. Furthermore, I created a synoptic table which presents the most frequently occurring species of Czech ants.

KEYWORDS

The Red wood ant, *Formica rufa*, The Black garden ant, *Lasius niger*, ants, Formicidae, observation, food preference, teaching material

Obsah

1	Slovníček pojmů	7
2	Úvod	10
3	Mravencovití (Formicidae).....	11
3.1	Mravenci na území České republiky	22
3.2	Mravenec obecný (<i>Lasius niger</i>)	24
3.2.1	Systematické zařazení.....	24
3.2.2	Morfologie	24
3.2.3	Způsob života	26
3.3	Mravenec lesní (<i>Formica rufa</i>).....	28
3.3.1	Systematické zařazení.....	29
3.3.2	Morfologie	29
3.3.3	Způsob života	31
4	Pozorování mravenců z roku 2015	33
4.1	Metodika	33
4.2	Výsledky	35
5	Využití experimentu mapující potravní preferenci mravenců ve výuce.....	41
6	Závěr.....	54
7	Seznam použitých informačních zdrojů	55
8	Seznam příloh	60

1 Slovníček pojmů

Elaiosom – Jde o dužnatý přívěšek připojený k semeni, který láká mravence svou výživností. Mravenci následně elaiosom i spolu se semenem odnáší do svého hnízda, kde je elaiosom zkonzumován a zbylé semeno odneseno za mraveniště na místo kde se odkládají odpadní produkty mraveniště. Tímto tedy mravenci napomáhají šíření dané rostliny (Gorb, a další, 2003). Masička na svých semenech tvoří například janovec metlatý nebo violky.

Eusocialita – Eusocialita je druh společenského uspořádání s následujícími charakteristikami: kooperativní péče o plod jednoho nebo několika málo rozmnožujících se jedinců (včetně péče o potomky od jiných jedinců), překrývajícími se generacemi dospělých jedinců a probíhá dělba práce pro reprodukční a nereprodukční skupiny. Rozdělením práce se v živočišné společnosti vytváří specializované skupiny jedinců s určitým typem chování, tedy vznikají takzvané kasty. Eusocialita se odlišuje od všech ostatních sociálních systémů, tím že jedinci alespoň jedné kasty obvykle ztrácejí schopnost vykonávat práci charakteristickou pro jednotlivce z jiné kasty (Hölldobler, a další, 1990).

Exoskelet – Exoskelet je vnější kostra, která podporuje a chrání zvířecí tělo, na rozdíl od vnitřní kostry (endoskelet), jež se vyskytuje například u člověka (Harper, 2001). Běžně je takto označována kutikula členovců.

Feromony – Jedná se o živočichy vylučovanou chemikálii, která je schopna působit jako hormon (Hormony jsou určité signální molekuly produkované žlázami s vnitřní sekrecí v mnohobuněčných organismech, které jsou transportovány oběhovým systémem k cílovým orgánům, jejichž funkci mají ovlivnit. Hormony regulují jak fyziologické pochody v těle organismu tak i chování.) mimo tělo vylučujícího jedince, aby ovlivnila chování ostatních jedinců. Způsobuje změnu sexuálního nebo sociálního chování jiného jedince stejného druhu (Landolt, 1997).

Kyselina mravenčí – Systematický název této kyseliny je kyselina methanová. Jedná se o nejjednodušší karboxylovou kyselinu s chemickým vzorcem HCOOH nebo HCO_2H . Jak již název napovídá, jedná se o kyselinu, která se vyskytuje v mravenčím jedu. Dále ji můžeme nalézt například v jedu včely medonosné a v trichomech kopřiv. Kyselina

mravenčí je bezbarvá kapalina s pronikavým zápachem a leptajícími účinky. Tato kyselina není pro člověka život ohrožující, kůže sice poleptá, ale jen slabě. Po poleptání pokožka mírně zarudne a svědí. Nicméně tento stav je pouze dočasný, po určité době (většinou v řádu minut) zarudnutí zmizí tedy v případě, že člověk není alergik, poté mohou být následky poněkud horší (Ellis, 1999).

Preadaptace – Preadaptace je evoluční jev, díky kterému je organizmus připravený k existenci při změně životních podmínek. Jde tedy o využití stávajících struktur, orgánů či chování k novým účelům. Často zmiňovaný anatomický příklad se týká ptačího peří. Zpočátku ptačí peří sloužilo jako tepelná izolace, až druhotně se využilo k samotnému letu. Tento počáteční evoluční účel, tedy tepelná izolace organismu, představuje preadaptaci pro let. Existuje i preadaptace v chování, kterou můžeme vidět například u vlků, kdy submisivní samci olizují ústa alfa samcům, stejně jako to dělávají mláďata, když chtějí nakrmit (Eshel, a další, 1998).

Sociální parazitismus – Sociální parazité využívají vnitřních interakcí mezi členy kolonie sociálního hmyzu, jako jsou například mravenci, termity nebo včely a vosy. Sociální parazitismus je tedy stav, kdy druh parazitujícího mravence nebo i jiný zástupce hmyzu, závisí na práci poskytované druhem hostitelského mravence. Příkladem typického mravenčího sociálního parazita je *Strongylognathus testaceus*, jehož hostitelem je mravenčí rod *Tetramorium* (Deslippe, 2010).

Stigma – Dýchací otvor, tedy přímý vstup do tracheální dýchací soustavy hmyzu (Smrž, 2015).

Superorganismus – Termín superorganismus se používá k popisu určité eusociální skupiny živočichů, u kterých je dělba práce tak vysoce specializovaná, že nejsou jednotlivci schopni sami po delší dobu přežít. Mravenci jsou nejznámějším příkladem takového superorganismu. Superorganismus může být také definován jako soubor jedinců, kteří jednají ve shodě, tak aby fungovalo celé společenstvo jako jednotný celek (Tautz, 2008).

Trofobióza – Jedná se o symbiotické soužití dvou druhů, kdy jeden druh přijímá potravu a druhý ji poskytuje. Strana poskytující potravu, tedy trofobiont získává něco na oplátku, ve

většině případů jde o ochranu před predátory nebo jinými vnějšími vlivy (Delabie, 2001). Nejznámějším typem trofobiózy je soužití mravenců a mšic či jiných producentů medovice.

2 Úvod

Většina druhů mravenců jsou všežravci a živí se tedy ledasčím co najdou v okolí svého mraveniště. Potravní preference mravenců se samozřejmě mění v závislosti na ročním období a tedy přirozené potravní nabídce okolí. Dalšími faktory jsou například velikost mraveniště a příslušnost k danému rodu. A právě tímto se mravenci významně podílejí na zdravém fungování ekosystému: živí se jak mrtvými tak i živými živočichy, tedy zbavují les a přilehlé stanoviště uhynuvších živočichů a různých parazitů. V jejich potravě nechybí ani různé druhy semen. Konzumací těchto semen nebo jejich částí se aktivně podílejí na jejich šíření, jde například o vlaštovičník větší (*Chelidonium majus*) a dymnivku (*Corydalis*). Tyto rostliny využívají mravence coby transportní zařízení: na jejich semenech se nachází elaiosom (viz slovníček pojmů), tzv. masíčko, které mravenci s oblibou požírají a mimovolně tak roznáší i semena samotná.

Mravenců se na Zemi vyskytuje o mnoho více než nás lidí, a to ne o milióny, ale o několik set miliard. Vyskytují se tedy prakticky všude a zasahují tak do většiny ekosystémů, tudíž je přínosné se s nimi co nejvíce seznámit mimo jiné i kvůli tomu, abychom mohli plně pochopit fungování již zmíněných ekosystémů. Z tohoto důvodu bych žákům ráda mravence co nejvíce přiblížila a obeznámila je s jejich způsobem života, který je podle mého názoru fascinující a velmi přínosný, jak řekl Bohumil Kliša (1906) „*Mravenci mezi hmyzem jsou jako člověk mezi savci*“.

Žáci si budou díky podkladům dostupným v této práci moci na základě svého vlastního pozorování, vyzkoušet jak a co mravenci preferují. Mají také možnost pracovat samostatně přímo v terénu, vyzkouší si vědeckou práci od vymýšlení hypotéz přes výběr materiálů a pomůcek až po samotný sběr dat a jejich následné vyhodnocení. V tomto projektu se také projeví jejich schopnost pro spolupráci, smysl pro detail, mimo jiné i výtvarné nadání, ale i ústní projev v rámci závěrečné diskuse. Všechny tyto dovednosti by si žáci měli na základě vyplňování předpřipraveného pracovního listu a doplňkových činností rozvinout.

Mým primárním cílem je tedy vytvořit plnohodnotný projekt, který žáky nejen naučí něčemu novému, ale také je nadchne pro tento obor a vytrhne tak z každodenní rutiny klasické výuky.

3 Mravencovití (Formicidae)

Mravenci jsou jednou z nejrozšířenějších skupin živočichů na Zemi, obývají všechny kontinenty s výjimkou Antarktidy a jen několika málo ostrovů, jako je Grónsko, Island a další. Mravencům se daří ve většině ekosystémů a tvoří tak přibližně 15–25 % suchozemské biomasy (Ward, 2014). Jsou také velmi starobyklou skupinou, která se nejspíše vyvinula z vosovitých předků a diverzifikovala se se vzestupem krytosemenných rostlin (Johnson, a další, 2013). Nejstarší nálezy mravenců pocházejí již z křídy, ovšem vědci předpokládají, že jejich vznik jakožto celé skupiny jde mnohem dále do historie. V této době je popsáno více jak 12 500 druhů z odhadovaných 22 000 (Robertson, 2000).

Během křídy se pohybovalo po Laurasii (severní polokoule) jen několik druhů primitivních mravenců. Ve srovnání s populacemi jiného hmyzu byli mravenci velmi vzácnou skupinou, reprezentovali jen asi 1 % celé hmyzí populace. Mravenci se stali dominantní skupinou až na počátku paleogénu. V oligocénu a miocénu už tvoří mravenci 20–40 % všech nalezených hmyzích fosilií (Grimaldi, a další, 2000).

Mravenci i spolu s příbuznými vosami a včelami, patří do řádu Hymenoptera. Samotná čeleď Formicidae spadá do skupiny eusociálního hmyzu (viz slovníček pojmů), žijícího převážně v koloniích, jejichž pravděpodobná populace čítá přes miliardu miliard jedinců (Resh, a další, 2009). Tvoří tzv. kasty, které se dají rozdělit do tří skupin. Nejpočetnější kastu tvoří neplodné dělnice a další specializované skupiny například vojáci, následuje samec, který ovšem hned po páření hyne. Nejvýše v potravním řetězci, co se týče mraveniště, je královna, může být jedna, což je častější, ale je tu možnost i kooperace více královen v jedné kolonii. Dělnice spolu s královnou se rodí z neoplozených vajíček, geny se tedy dědí haplodiploidně, proto mají společných 75 % genů. O tom jestli se tedy vylíhne královna anebo dělnice, rozhoduje především strava, feromony (viz slovníček pojmů) a další vnější faktory (Vysoký, a další, 2001).

Kolonie mravenců jsou často řazeny mezi superorganismy (viz slovníček pojmů), jelikož mravenci neplodná část mraveniště, ztrácí svou samostatnou entitu a fungují jako jeden velký celek, který má jediný cíl a to péči o královnou a další generace, které je schopná plodit právě jen ona (Turner, 2016).

Mravenci se velikostně pohybují na škále od 0,75 mm do 52 mm. Největším zdokumentovaným druhem mravence je fosilní druh *Titanomyrma giganteum*, jehož královna byla 6 cm dlouhá s rozpětím křídel 15 cm (Schaal, a další, 1992). Mravenci se mimo velikosti liší i barvou, přičemž mravenci bývají nejčastěji zbarveni od černé přes hnědou až po červenou barvu. Mimo těchto pro mravence typických barev, existují i mravenci zelení například druh *genus Oecophylla*. Určitou výjimkou jsou také mravenci rodu *Calomyrmex*, kteří jsou zbarveni opravdu pestře, existují druhy zelené, modré a dokonce i růžovo fialové. Tyto mravence můžeme nalézt po celé Austrálii, stejně jako v Papui-Nové Guineji a Indonésii (Brough, 1976).

Tělo mravence se dělí na tři základní části, hlavu hrud' a zadeček (viz obrázek č. 1), který je od hrudi oddělen úzkou tělní stopkou, proto patří mezi štíhloпасé. Hrud' se dále dělí na předohrud' (*pronotum*), středohrud' (*mezonotum*) a zadohrud' (*epinotum*), každá z těchto částí nese jeden pár kráčivých končetin, které se stejně jako u ostatních zástupců z třídy hmyzu dělí na kyčel, příkyčlí, stehno, holeň a článkované chodilo. Různě na těle se můžou vyskytovat odlišně dlouhé chloupky, dále si můžeme všimnout složených facetovaných očí a deseti- až dvanáctičlánekových lomených tykadel, které bývají směrem od těla hruškovitě ztloustlé. Mravenci patří mezi hmyz s proměnou dokonalou, což znamená, že z vajíčka se vylíhne larva, nepřipomínající dospělce, ta se poté zakuklí a stane se z ní kukla. Po nějaké době, která je u každého druhu jiná, se vylíhne dospělí jedinec (Wilson, a další, 2005).

Stejně jako jiný hmyz, mají mravenci exoskeletem (viz slovníček pojmů), vnější kryt, který poskytuje ochranu a vnější oporu těla a na něj se poté připojují svaly. Kyslík a další plyny, jako je oxid uhličitý, procházejí exoskeletem prostřednictvím drobných otvůrků nazývaných stigmata (viz slovníček pojmů), kterými poté dále vzduch vstupuje do vzdušnic a tím i do celého těla. Hmyz nemá také uzavřenou cévní soustavu, namísto ní mají podél horní části těla dlouhou, tenkou, perforovanou trubičku nazývanou dorzální aorta, která funguje jako srdce a pumpuje hemolymfu směrem k hlavě, čímž pohání cirkulaci vnitřních tekutin. Nervový systém se skládá z ventrální nervové pásky, která prochází celou délkou těla. Vedle běžných vjemů mravenci vnímají i elektromagnetické

pole nebo zemskou tíži, přičemž jim obojí slouží k orientaci v tmavém hnízdě (Hölldobler, a další, 1990).

Ke komunikaci mravenci využívají feromony, které mimo jiné slouží i k vytváření velmi spletitých cest k potravě. Feromony jim vlastně nahrazují oči, které nejsou tak dokonale vyvinuty, jelikož i právě díky nim se dokáží navzájem rozeznat. Ovšem právě tohoto využívají četní parazité, kteří dokáží napodobit tuto pachovou stopu a vydávat se tak za plnohodnotné členy mraveniště (Hölldobler, a další, 1990). Existuje i určitá skupina takzvaných hostujících mravenců. Různé druhy menších mravenců staví úmyslně svá hnízda v těsné blízkosti velkých dominantních druhů mravenců, a tím je nepřímou využívají ke své vlastní ochraně před různými predátory, ale i jinými mravenci (Smith, a další, 2009).

Mimo parazitismu mravenci žijí v symbióze s mnoha druhy živočichů. Asi nejznámější je trofobióza (viz slovníček pojmů) se mšicemi, kdy mravenci poskytují mšicím ochranu a ty jim na oplátku dávají volný přístup k medovici, kterou produkují ve formě výkalů. Medovice mimo značného množství cukrů obsahuje i jiné velmi důležité živiny jako například, aminokyseliny, proteiny, minerální látky a mimo jiné i vitamín B (Macek, a další, 2017). Komunikace mezi mravenci a mšice probíhá především ve formě fyzického kontaktu, kdy mravenci mšice dráždí svými tykadly a snaží se je tak donutit k rychlejší produkci medovice. Naopak mšice, které již medovici vyprodukovali, specificky kroutí zadečkem. Ovšem nejen mšice produkují medovici, jsou i jiní živočichové, kteří mají tuto dovednost, kupříkladu křísy, červci a mery. Jedna mšice je schopna za jeden den vyloučit průměrně 0,5 mg medovice a v teplém počasí dokonce až 8 mg (Jackson, a další, 2006). Množství sebrané medovice jednou kolonií mravenců za sezónu je velmi proměnlivé, záleží nejen na druhové příslušnosti daných mravenců a producentů medovice, nicméně i na početní síle jejich společenství a na klimatických podmínkách. V našich teplotních podmínkách producenti medovice dospívají v letním období, tudíž největší sběr medovice mravenci spadá na konec srpna a začátek září, kdy jsou jejich kolonie nejpočetnější (Styrsky, a další, 2006).

Potrava mravenců se skládá především z cukrů a bílkovin, poměr těchto dvou základních složek je u každého rodu různý. Většina mravenců jen s výjimkou několika málo

specializovaných druhů jsou všežravci, což jim ještě více napomáhá v jejich životní strategii. Potravu snášejí do hnízd v časových intervalech, křivka mravenčí aktivity dosahuje jednoho či více počtu vrcholů nejen během celé sezóny, ale často i v jednom dni. V podzimním a jarním období má křivka aktivity přes den jen jeden vrchol v době s nejvyšší denní teplotou. V letním období během nejvyšších denních teplot se činnost mravenců snižuje. Křivka denní aktivity se tedy mění, není již jen jeden vrchol nýbrž dva (odpoledne a dopoledne). Ve zvláště teplých dnech se vrchol aktivity posunuje až k večerním hodinám, kdy už nejsou tak vysoké teploty. Shánění a snášení potravy může poté trvat i po celou noc (Wetterer, 2013).

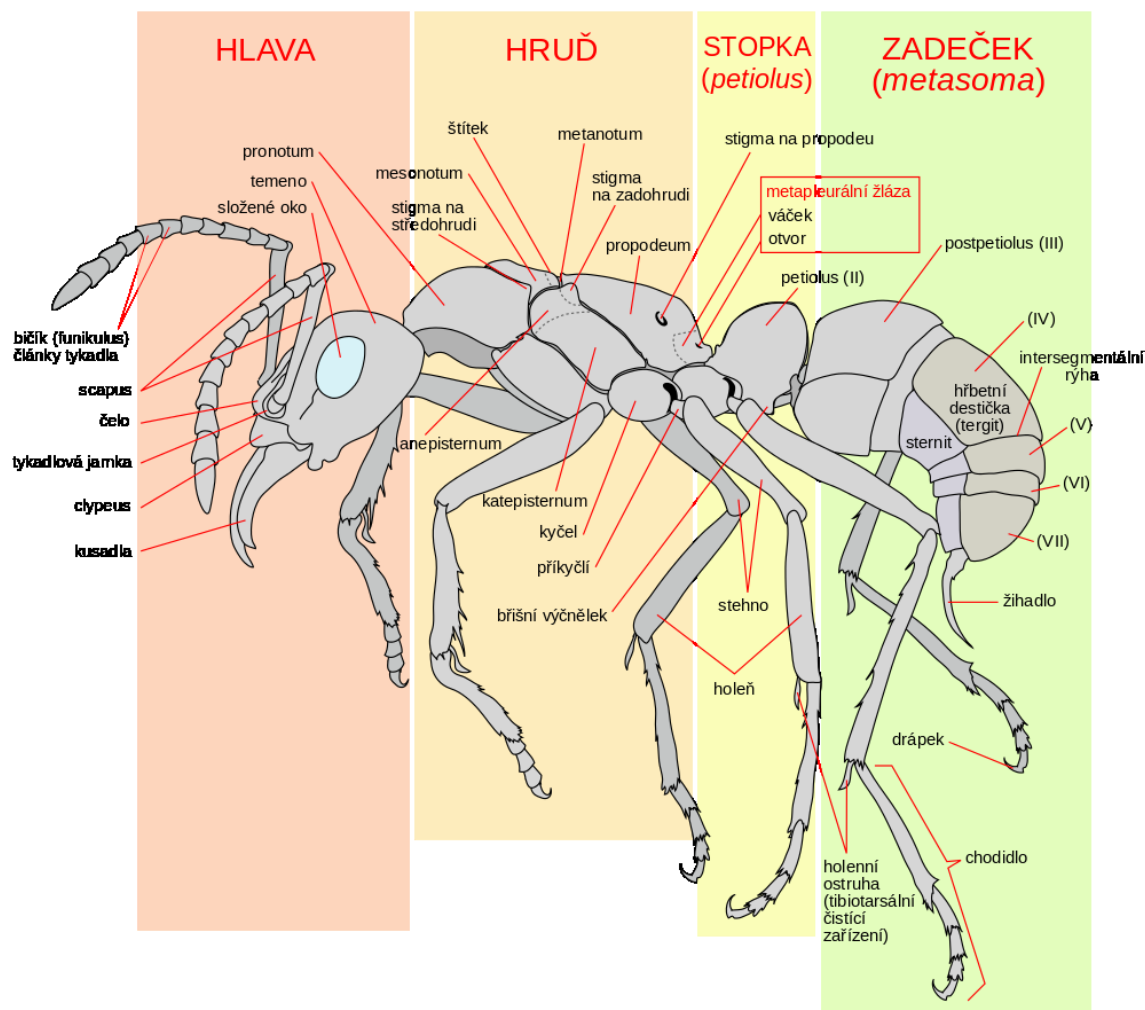
V závislosti na ročním období se mění složení potravy mravenců. Ze začátku jarní sezóny zužitkovávají zásoby nahromaděné koncem předchozí sezóny. Brzy ovšem tuto potravu začnou doplňovat sběrem uhynulých živočichů, nalezených v oblasti potravního areálu, jelikož při nízkých jarních teplotách je aktivní lov živých bezobratlých dosud málo vydatný. Až s postupným zvyšováním denní teploty přibývá kořisti, a tím se zvyšuje lovecká aktivita (Styrsky, a další, 2006).

Díky hromadění zásob si mohou mravenci poměrně rychle zajistit nástup do nové sezóny, nebo popřípadě přečkat v průběhu roku přechodná období hladu, která mohou být způsobena například nepříznivými klimatickými podmínkami nebo činností člověka.

Mravenci mají velmi efektivní dělbu práce, výbornou komunikaci mezi jednotlivci a jejich schopnost řešit složité problémy je také na vysoké úrovni. Tyto paralely s lidskými společnostmi jsou již dlouho inspirací a předmětem studia (Tautz, 2008). Mnoho lidských kultur využívá mravenců při výrobě léků, při různých rituálech ale i v kuchyni. Mravenci jsou totiž hlavně v Asii vyhlášenou pochoutkou. Některé druhy jsou oceňovány v jejich úloze biologických činitelů proti škůdcům. Jejich schopnost využívat zdroje může přivést mravence do konfliktu s lidmi, protože mohou poškodit plodiny a napadat budovy (Boudinot, 2015).

Nejpočetnější členem mraveniště jsou bezkřídlé a neplodné dělnice, ovšem například u některých příbuzných druhů rodu *Myrmoxenus* se sociálně parazitickou strategií života tato kasta zcela chybí. Důležitou částí jejich těla je roztažitelné vole sloužící k přenášení a uchovávání potravy pro potřeby všech členů společenství. Četné epidermální žlázy, které

jsou rozptýlené po celém těle, mají také nemalou důležitost. Jsou různých typů a vylučují právě již zmíněné feromony, které jsou pro chod mraveniště stěžejní. Další důležitou částí těla je metapleurální žláza (viz obrázek č. 1), jejíž vyústění se nachází se ve spodní části zadohrudi nad zadní kyčlí. Tato žláza vyměšuje sekret účinně bránící růstu bakterií a plísní, které mohou případně ohrožovat mraveniště (Kipyatkov, 2001).



Obrázek 1: Schéma stavby těla mravenčí dělnice s vyznačenou metapleurální žlázou

Dělnice určitých druhů si vytvářejí specializované podkasty, do kterých patří například již zmínění vojáci. Ti se vyznačují především velkou hlavou s mohutně vyvinutými kusadly. Jejich primární funkcí je ochrana mraveniště, ovšem v některých případech můžou plnit i jiné specifické úkoly.

Činnost dělnic v hnízdě je především založena na dělbě práce, přičemž k jednotlivým úkonům je předurčuje jejich stáří nebo fyzický vzhled. Při časově podmíněné dělbě práce se starší dělnice zabývají prací vně hnízda, například shánějí potravu, stavební materiál případně i brání hnízdo, naproti tomu mladší dělnice zastávají práci uvnitř hnízda. Jejich činnost se skládá z péče o larvy a královny, úpravy chodeb a plodových komůrek, uskladnění potravy a vynášení odpadu. U některých druhů mravenců se úzce specializované dělnice můžou výrazně lišit vzhledem (Anderson, a další, 2008).

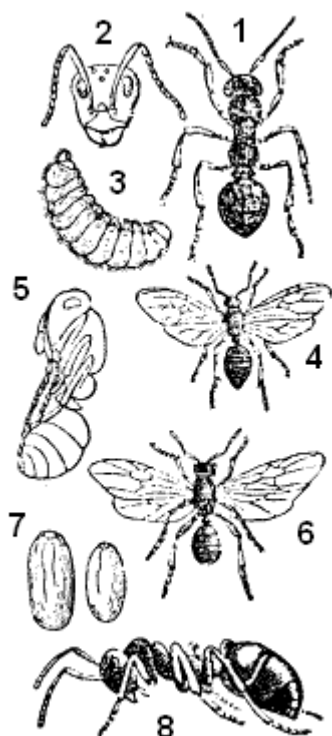
Královny jsou podstatně větší než dělnice a mají také větší oči a temenní očka, stejně tak se dožívají i podstatně vyššího věku. Například u některých druhů rodu *Lasius* a *Formica* se královny mohou dožít i 20 let (Macek, a další, 2017). Vyznačují se mohutnou a zřetelně článkovanou hrudí, objemným zadečkem s plně rozvinutými vaječníky a tukovým tělesem (Bolton, 2003).

Úplně odlišný vzhled mají samci. Jsou sice větší než dělnice, ovšem v porovnání s královnou jsou podstatně menší. Bývají okřídlení a oproti hrudi mají výrazně menší malou hlavu s většími očima i temenními očky a jen nezřetelně lomená tykadla. Jak již bylo zmíněno, samci žijí poměrně krátkou dobu, a proto je můžeme nazývat dočasnou kastou. Po spáření s královnou zpravidla umírají. (Bolton, 2003). Jistou výjimku zde tvoří některé druhy mravenců rodu *Hypoponera*, kde mohou bezkřídlí samci žít trvale v mraveništi spolu s královnou a dělnicemi. Tito samci jsou po celý svůj život pohlavně aktivní, tedy produkují spermatické buňky a pokouší se oplodnit mladé královny (Macek, a další, 2017).

Mraveniště, jsou rozdělena na závislá a nezávislá. Samice v nezávislých mraveništích po spáření vyhledají ideální místo pro vytvoření nového hnízda, většinou v zemi nebo ztrouchnivělém dřevě a uzavrou se v prvotní plodové komůrce a rodí první generaci larev, o které se starají samy. Krmí je výměškami z podhltanových žláz nebo svými vlastními vajíčky. Pro sebe získávají živiny z tukového těla vytvořeného z křídelní svaloviny, která pochází z jejich vlastních odvržených křídel. Jakmile tyto larvy dospějí v plnohodnotné dělnice, tak již vše potřebné obstarávají ony a samice se věnují po zbytek život pouze kladení vajíček. U některých primitivnějších druhů královny vyhledávají potravu pro sebe a larvy mimo hnízdo (Macek, a další, 2017).

Při závislém typu zakládání hnízda si královny s sebou berou několik dělnic z mateřského hnízda nebo častěji násilně proniknou do cizího hnízda, kde se nechají adoptovat a časem odstraní původní královnu a převezmou její místo. O její potomstvo se zprvu starají dělnice předchozí královny, které ale postupně vymírají a jsou nahrazovány dělnicemi současné královny a tím je transformace hnízda dokončena. Ze závislého způsobu se vyvinuly i všechny druhy tzv. sociálního parazitismu (viz slovníček pojmů) (Dorigo, a další, 2006). Většina našich druhů mravenců, skoro 65 % zakládají hnízda nezávisle (Macek, a další, 2017).

Pro mravence je typická proměna dokonalá, což tedy znamená, že se z vajíčka líhne larva, která přijímá potravu a roste, následně se zakuklí a z kukly se již líhne dospělí jedinec. Larvy mravenců (viz obrázek č. 2) nemají dostatečně vyvinuté ústní orgány a jsou tak plně odkázány na péči dělnic. Potravu přijímají jen v podobě rozžvýkané kašovité směsi s výměšky z podhltanových žláz. Tato směs je jim podávána přímo do ústního otvoru. Larvy stejného stáří se společně umísťují do specializovaných komůrek, které zakládají dělnice většinou v blízkosti plodové komůrky královny. Larvy potřebují ke správnému vývoji stálé prostředí, a proto je dělnice podle potřeby neustále přenášejí z komůrky do komůrky (Hölldobler, a další, 1990). Kokony (viz obrázek č. 2) jsou světlé s tmavou skvrnou na konci, kde jsou výkaly, které larva před zakuklením vyloučila. Při líhnutí dospělce dělnice napomáhají nakusováním kokonů. Kokony mají oválný tvar, a jsou někdy mylně považovány za mravenčí vajíčka (Ward, 2014).



Obrázek 2: Dělnice – pohled shora (1), hlava mravence (2), larva (3), samec (4), zárodek (5), samička (6), kokony (7), dělnice – pohled ze strany (8)

Hnízda mravenců mají rozmanitou podobu (viz obrázek č. 3-5). Velmi jednoduchá rozptýlená neboli difuzní zemní hnízda tvoří neohraničený a neuspořádaný systém komůrek propojených chodbami. Jsou nepřilíživě rozměrná a početná co se týče počtu obyvatel mraveniště. Soustředěná neboli koncentrovaná hnízda mají uspořádaný systém komůrek a chodeb a od okolí jsou jasně ohraničená. Mohou dosahovat velkých rozměrů a zasahovat i do značných hloubek. V nejnižší položené komůrkách jsou uschována vajíčka, nad nimi se nacházejí larvy a v nejvyšším patře jsou kokony s kuklami. Kromě plodových komůrek dělnice zřizují i královské a odpadní komůrky (Žďárek, 2013). Hnízda se samozřejmě odlišují nejen rozptylem a velikostí, ale i v použitém materiálu, lokaci a využitím daného prostředí. Hnízda jsou konstruována v ideálním případě tak, aby byla nejen dobře schovaná a chráněná, ale i aby splňovala vlhkostní a teplotní podmínky. Určitou raritou v našich podmínkách je v tomto směru rod *Formica*, který má tyto nároky velmi vysoké. Mimo tohoto rodu se teplotní nároky většiny středoevropských mravenců pohybují mezi 22 a 32 °C (Macek, a další, 2017).



Obrázek 3: Ukázka koncentrovaného typu hnízda u mravence lesního



Obrázek 4: Ukázka difúzního typu hnízda u mravence obecného



Obrázek 5: Mraveniště mravenec černolesklého se vstupem v dutině stromu

Mravenci jsou hojným a téměř všudypřítomným hmyzem, který svou přítomností významně působí na ekologickou rovnováhu většiny suchozemských ekosystémů. Například středně velká kolonie mravence lesního s asi 200 000 dělnic sesbírá za jeden den okolo 10 000 kusů různého hmyzu (Gyllenstrand, a další, 2004). Při stavbě hnízd vynesou dělnice na povrch ze spodních, na živiny bohatých půdních vrstev velké množství zeminy, čímž půdu nejen provzdušní, ale zároveň i obohatí o organickou složku. Semenožravé druhy například rod *Messor*, se zase naopak při sběru semen podílejí na šíření různých rostlin (Punttila, 1996).

V současnosti se mravenci rozdělují do 16 žijících podčeledí. Mnou vybrané druhy, tedy mravenec obecný i lesní, patří do podčeledi Formicinae. Tato podčeleď je rozšířená prakticky po celém světě, čítá více jak 3000 žijících druhů, ovšem už jen kolem 50 druhů se vyskytuje na území České republiky. (Macek, a další, 2017) Právě u této podčeledi si můžeme všimnout podstatně zvětšené jedové žlázy, která samozřejmě slouží dělnicím, jak

k obraně, tak i k útoku. Kyselinu mravenčí (viz slovníček pojmů) vystřikují z malého otvoru u zadečku a díky přítomným chloupkům tvoří účinný aerosol, který může být po vniknutí do dýchací soustavy malých bezobratlých smrtelný. Mimo jiné také tvoří rozsáhlé kolonie, jak je tomu například u rodu *Formica*, jejichž mraveniště mohou mít až několik miliónů dělnic (Pech, 2014).

3.1 Mravenci na území České republiky

V České republice se ve skupině Vespoidea vyskytuje 7 čeledí, práce je však zaměřena na jedinou zmíněnou čeleď a to Formicidae. Tato čeleď, jak je již napsáno níže, obsahuje mnoho podčeledí, ovšem na území ČR se jich vyskytuje jen 5 a jsou to: Ponerinae, Proceratiinae, Myrmicinae, Dolichoderinae, Formicinae. Pro potřeby této práce, jsem sestavila krátký seznam mravenců z podčeledi Formicinae (viz tabulka č. 1), jelikož oba modelové druhy pocházejí právě z této skupiny mravenců, a dále je také tato skupina u nás nejhojněji zastoupená. Při sestavování této tabulky jsem vycházela z publikací Blanokřídli České republiky I (Macek, a další, 2017). a Checklist of Formicidae of the Czech Republic and Slovakia (Werner, a další, 2007).

Tabulka 1: Výskyt mravenců České republiky

Rod	Druh		Velikost	Výskyt
	Latinský název	Český název		
<i>Plagiolepis</i>	<i>Plagiolepis pygmaea</i>	Mravenec titěrný	dělnice (1-2,3 mm), královna (3-4 mm)	nížiny až pahorkatiny, xerothermofilní, křovinaté stepi a lesostepi, vápencovitý podklad, často pod kameny a v puklinách skal
	<i>Plagiolepis vindobonensis</i>	Mravenec vídeňský	dělnice (1,2-2,5 mm), královna (5-6,5 mm)	
<i>Lasius</i>	<i>Lasius niger</i>	Mravenec obecný	dělnice (2,5-4 mm), královna (7-9,5 mm)	nížiny až hory, xerothermofilní, sušší a otevřené oblasti, synantropní
	<i>Lasius platythorax</i>	Mravenec zploštělý	dělnice (2,5-4 mm), královna (7-9,5 mm)	Stinné místa především lesy, mokřady a rašeliniště, často v trouchnivém dřevě, či rostlinném opadu
	<i>Lasius brunneus</i>	Mravenec hnědý	dělnice (2,5-4 mm), královna (6,5-8,5 mm)	mezofilní, listnaté a smíšené lesy, stromový druh, trouchnivé pařezy a kmeny, v kořenech mrtvých stromů
	<i>Lasius emarginatus</i>	Mravenec parkový	dělnice (3-4 mm), královna (7,5-8,5 mm)	nížiny až pahorkatiny, xerothermofilní, slunné skalní stepi a lesostepi, silně synantropní, skalní pukliny, narušené zdivo, pod kameny, trouchnivé dřevo
	<i>Lasius flavus</i>	Mravenec žlutý	dělnice (2-4 mm), královna (6-8,5 mm)	mezofilní až hygofilní, suchá i vlhká místa, louky, pastviny, stepi, zahrady, sady, pole atd., mírně synantropní,

				často u mateřídoušky (rostlinný porost zpevňuje hnízdo)
	<i>Lasius umbratus</i>	Mravenec stínomilný	dělnice (3,5-4,5 mm), královna (6-6,5 mm)	mezofilní až hygrofilní, lesy, zahrady, parky, křovinné lemy, v zemi, v tlejícím dřevě, tvoří hlinité kupky
	<i>Lasius reginae</i>	Mravenec královnin	dělnice (3-3,5 mm), královna (6-6,5 mm)	nížiny a pahorkatiny, xerothermní, stepi a lesostepi, vápencový podklad
	<i>Lasius fuliginosus</i>	Mravenec černošedý	dělnice (3-4 mm), královna (6-6,5 mm)	Nížiny až hory, mezofilní, lesy, zahrady, parky, samostatně stojící stromy v otevřené krajině
<i>Camponotus</i>	<i>Camponotus herculeanus</i>	Mravenec obrovský	dělnice (7-12 mm), královna (13-16 mm)	boreoalpinní, v horách, mezofilní, často v jehličnatých a smíšených lesích
	<i>Camponotus ligniperda</i>	Mravenec dřevokaz	dělnice (6,5-14 mm), královna (14-17 mm)	nížiny, slunná stanoviště, listnaté a smíšené lesy, stepi a křovinné lesostepi, polní meze
	<i>Camponotus fallax</i>	Mravenec klamavý	dělnice (5,5-8 mm), královna (9-10 mm)	nížiny a pahorkatiny, termofilní, lesy, parky, zahrady, ovocné sady, aleje, háje
	<i>Camponotus aethiops</i>	Mravenec teplomilný	dělnice (5-9,5 mm), královna (11-15 mm)	Výrazně xerothermofilní, stepi, louky, úhory, hnízdí v zemi pod kameny
	<i>Camponotus truncatus</i>	Mravenec větvičkový	dělnice (3,5-6 mm), královna (8-9,5 mm)	nížiny a pahorkatiny, xerothermofilní, listnaté a smíšené lesy, háje, parky, sady, aleje, stromový druh, hnízdí v mrtvých částech stromu
<i>Formica</i>	<i>Formica fusca</i>	Mravenec otročí	dělnice (4-6,5 mm), královna (7-10 mm)	eurytopní, velmi rozmanitý výskyt (lesy, otevřená krajina, suché písčiny, mokřady atd.), často v urbanizovaném prostředí, hnízdí většinou v zemi pod kameny
	<i>Formica cinearea</i>	Mravenec stříbřitý	dělnice (4,5-6,5 mm), královna (7-10 mm)	xerothermofilní, slunné otevřené stanoviště, písčité nebo šterkový podklad, okraje cest, podél tratí, kolem chodníků
	<i>Formica rufa</i>	Mravenec lesní	dělnice (6-9 mm), královna (9-11 mm)	jehličnaté a smíšené lesy, slunná stanoviště, na okraji lesa, podél lesních cest
	<i>Formica polyctena</i>	Mravenec množivý	dělnice (6,5-8 mm), královna (9-11 mm)	podobné nároky jako m. lesní jen více stínomilný, hlouběji v lese
	<i>Formica pratensis</i>	Mravenec travní	dělnice (4-9 mm), královna (9-11 mm)	nížiny a podhůří, otevřená travnatá stanoviště, stepi a lesostepi, louky, okraje lesa, pastviny
	<i>Formica sanguinea</i>	Mravenec loupeživý	dělnice (6-9 mm), královna (9-11 mm)	nížiny i hory, mezofilní až xerothermofilní, velmi rozmanitá stanoviště, slunné prostředí, lesy i otevřená krajina
	<i>Formica exsecta</i>	Mravenec pastviný	dělnice (4,5-7,5 mm), královna (7,5-9,5 mm)	nížiny i hory, pastviny, lesní okraje, mýtiny, paseky
	<i>Formica rufescens</i>	Mravenec otrokářský	dělnice (5-7 mm), královna (7-9 mm)	nížiny a pahorkatiny, xerothermofilní

3.2 Mravenec obecný (*Lasius niger*)

Tento druh je rozšířen po celé Evropě a v některých částech Severní a Jižní Ameriky, Austrálie, Asie a Austrálie, jedná se tedy o druh palearktický. Mravenec obecný je často zaměňován za velmi podobný druh *Lasius platythorax*, tedy mravenec zploštělý. Po nějakou dobu byli dokonce oba druhy ve stejném taxonu *Lasius niger*, ovšem na rozdíl od mravence obecného dává tento druh přednost stinnému a vlhkému prostředí. Proto ho můžeme nalézt především v lese, kdežto mravenec obecný je více xerothermní a vyskytuje se tedy častěji v otevřeném a sušším terénu. Mravenec obecný také daleko více tíhne k lidským obydlím nežli mravenec zploštělý. Další odlišností je značná agresivita mravence zploštělého (Klotz, a další, 2008). Na profesionálnější úrovni se dají tyto dva druhy rozlišit podle chloupkovaní. Mravenec obecný má oproti mravenci zploštělému čelní štítek neboli clypeus (viz obrázek č. 1) hustěji ochlupený a má chloupky kratší než 16 µm. Mravenec zploštělý má podstatně delší chloupky na hrudi nežli na hlavě, kdežto mravenec obecný má chloupky jak na hlavě, tak i na hrudi stejně dlouhé (Seifert, 1991).

3.2.1 Systematické zařazení

Říše	živočichové (Animalia)
Kmen	členovci (Arthropoda)
Podkmen	šestinozí (Hexapoda)
Třída	hmyz (Insecta)
Řád	blanokřídlí (Hymenoptera)
Podřád	štíhlopasí (Apocrita)
Nadčeleď	Vespoidea
Čeleď	mravencovití (Formicidae)
Podčeleď	Formicinae
Rod	<i>Lasius</i>
Druh	<i>Lasius niger</i>

3.2.2 Morfologie

Dělnice (viz obrázek č. 6) tohoto druhu dosahují velikosti 2,5 až 4 mm. Přestože název naznačuje, že je tento mravenec černě zbarvený, není tomu tak. Má tělo šedohnědé až

hnědočerné, ovšem hnědá barva zde dominuje. Zadeček a holeně jsou hojně obrostlé chloupky, stejně tak i násadce tykadel. První článek tykadel je nápadně ztloustlý a čelní štítek není jednoznačně orámován (Pech, 2014).



Obrázek 6: Dělnice mravence obecného

Královna (viz obrázek č. 7) může dosahovat délky těla až 9,5 milimetrů, ovšem průměrně dorůstá velikosti 8 až 9 mm, mimo velikosti je také oproti dělnicím tmavěji zbarvená. Další odlišností královny jsou její křídla, ty ovšem poté, co je oplodněna ztrácí, ve většině případů se stanou její první potravou, než zplodí první generaci dělnic, které se starají o její další stravu. Samec (viz obrázek č. 8) je podstatně menší než královna a dosahuje délky těla 3,5 až 4,5 mm a má rovněž na svém těle křídla (Macek, a další, 2017).



Obrázek 7: Samička (královna) mravence obecného



Obrázek 8: Samec mravence obecného

3.2.3 Způsob života

Mravenec obecný není v ekologických nárocích moc náročný a právě proto je u nás tak hojně rozšířený. Usazuje se na místech jak vlhkých tak i suchých, ovšem přednost dává sušším a otevřenějším stanovištím. Nemá rovněž žádné speciální nároky na typ půdy. Můžeme ho nalézt jak v nížinách, tak i v horách, ovšem povětšinou ho nenalezneme ve stinných částech lesa. Často také sídlí v blízkosti lidských obydlí, a zde ho můžeme nalézt na zahradách, v samotných zdech domů a velmi často se skrývá pod kameny, kde má výhodné útočiště (Macek, a další, 2017).

Na jaře kladou královny vajíčka s pohlavními jedinci, samce a samičky, tedy budoucí královny. Poté mezi červencem a koncem srpna dochází k hromadnému rojení (viz obrázek č. 9). Tyto svatební lety mají většinou masový charakter, mravenci si vyberou určitou dobu v závislosti na teplotě a atmosférickém tlaku a poté synchronně vylétají z mraveniště a páří se (Macek, a další, 2017). Jelikož se v jednu chvíli nachází na poměrně malé ploše velmi mnoho mravenců, kteří nebývají moc ostražití, jelikož se plně soustředí na důležitý úkol, tedy rozmnožit se, stávají se často kořistí ptáků a jiných predátorů. Ke kopulaci dochází ve vzduchu, ve výšce maximálně jednoho a půl metru a to jen po krátkou dobu. Samička se povětšinou spáří s více samci a získané sperma si uschovává uvnitř semenné schránky a poté dle potřeby klade oplodněná či neoplozená vajíčka. Po spáření se budoucí královna

snese na zem, najde si vhodné místo pro založení mraveniště a vyhloubí do země díru, kde se zahrabe, odvrhne křídla a začne klást první vajíčka. Z počátku se živý svými vlastními křídly, ty jsou bohaté na proteiny, bohužel ale nevydrží dostatečně dlouho a právě proto některá z nakladených vajíček pro dobro kolektivu sama pozře, aby měla dost energie na vytvoření a výchovu dalších (Grüter, a další, 2011).



Obrázek 9: Rojení mravence obecného

Tento druh je striktně monogynní druh, což znamená, že v mraveništi je právě a jen jedna královna, sice může být v rané fázi založení mraveniště královen více, ovšem v tu chvíli kdy jedna z královen zplodí první generaci dělnic, jsou poté ostatní královny zabity a v mraveništi zůstává vítězná královna. Kolonie tohoto mravence mohou ve vzácných případech čítat až 40 000 jedinců, ovšem jen ve výjimečných situacích, v průměru dosahují počtu jen 4 000 až 7 000 jedinců na mravenišť. Přesto že je mraveniště monogynní může udržovat přátelský vztah s okolními mraveništi. U mravence obecného je totiž velmi časté, že na jednom stanovišti, které je zpravidla strategicky položené, se vyskytuje velmi mnoho hnízd. Hustota mravenišť pak může dosahovat více jak několik desítek hnízd na 1 ar půdy.

A právě mezi spřátelenými mraveništi můžou vznikat spojovací chodby, někdy i delší než jeden metr (Frouz, a další, 2003).

Další kapitolou jsou myrmekofilové, tedy živočichové žijící s mravenci v mraveništi, jde o formu úzké symbiózy. Asi nejzajímavějším myrmekofilem mravence obecného je modrásek černolemý (*Plebejus argus*). Jde o druh motýla, který je specializovaný právě na mravence obecného. Jde vlastně o výměnný obchod, mravenci se starají o larvy daného motýla, a ty jim na oplátku za to poskytují cukernaté sekrety podobné medovici mšic. Dalším častým návštěvníkem hnízda mravence obecného je беруška mravenčí (*Platyarthrus hoffmannseggii*). Mimo tyto živočichy se v mraveništi mravence obecného můžou vyskytovat i jiní mravenci, takzvaní sociální parazité. Jde zejména o druhy *Lasius sabularum* a *Lasius mixtus* (Kronauer, a další, 2011).

Ačkoliv se dělnice dožívají pouze čtyř až sedmi let, královny mohou dožít až trojnásobně delší doby nežli dělnice a v umělých podmínkách až neuvěřitelných 29 let (Lucas, a další, 2016).

Dělnice mravence obecného vykazují nejvyšší aktivitu v noci anebo v brzkých ranních hodinách. A právě v tuto dobu se vydávají pro potravu. Jejich potrava se skládá především ze zdrojů bohatých na sacharózu. Této kategorii dominuje sladká medovice, kterou tvoří mšice, popřípadě červci, přesněji jde o sladké výměšky těchto živočichů. Mravenci se dokonce i o mšice starají, hlídají je přímo na rostlinách, kde sají šťávu z rostlinných pletiv, dále také tvoří jakési hlinité mosty od rostlin s mšicemi do hnízda a v případě ohrožení mšice přesouvají do bezpečí mraveniště. Tímto mravenci přispívají k přemnožení mšic a decimaci místní vegetace. Kromě medovice mravenci vyhledávají i sladký nektar, nebo se vydávají na průzkum do lidských obydlí. Samozřejmě mimo medovice a jiných sladkých produktů mravenci potřebují i bílkoviny, které jsou důležité především pro královnu a vývoj larev. Nejdůležitějším zdrojem bílkovin je tedy jiný hmyz, který mravenci sbírají buď již mrtvý, anebo ho aktivně loví (Wetterer, 2013).

3.3 Mravenec lesní (*Formica rufa*)

Mravenec lesní je v České republice chráněným druhem podle vyhlášky MŽP ČR č. 395/1992 Sb. Jde o druh eurosibiřský, nalezneme ho tedy po celé Evropě s výjimkou

jižních částí a směrem na východ až po Bajkal. Dále je postupně nahrazován jinými druhy a ve východní Asii se poté nevyskytuje prakticky vůbec. Mravenec lesní může být někdy zaměňován s mravencem množivým (*Formica polycтена*). Tyto dva druhy jsou si velmi podobní vzhledem, ovšem mají úplně jiný způsob života. Mravenec množivý upřednostňuje stinné části lesa. Také jsou pro tento druh typické polygynní kolonie, kdežto v mraveništi mravence lesního bývá zpravidla jen jedna královna a jedná se tedy o monogynní kolonie (Gyllenstrand, a další, 2004).

Jak jsem již psala, mravenec lesní tvoří hnízda monogynní, tak je tomu ovšem především v evropských podmínkách. Byly popsány i případy kdy tvoří hnízda polygynní. V těchto případech může být v jedné kolonii i několik desítek královen. Královny tohoto druhu mohou využívat i tak zvané „adopce“ a to například od druhu *Formica fusca*. V tomto případě žijí po nějakou dobu královny obou druhů pospolu, ale poté buď jedna odejde, anebo je zabita. Poté dochází k výměně dělnic, rodí se již jen dělnice jednoho druhu a jimi jsou nahrazované dělnice druhu poraženého (Goropashnaya, a další, 2004).

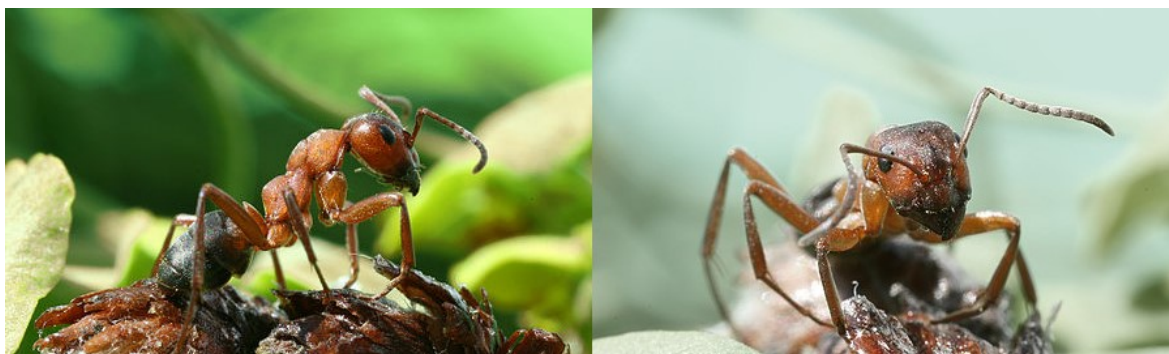
3.3.1 Systematické zařazení

Říše	živočichové (Animalia)
Kmen	členovci (Arthropoda)
Podkmen	šestinozí (Hexapoda)
Třída	hmyz (Insecta)
Řád	blanokřídlí (Hymenoptera)
Podřád	štíhlipasí (Apocrita)
Nadčeleď	Vespoidea
Čeleď	mravencovití (Formicidae)
Podčeleď	Formicinae
Rod	<i>Formica</i>
Druh	<i>Formica rufa</i>

3.3.2 Morfologie

Dělnice mravence lesního (viz obrázek č. 10) dosahují délky 6 až 9 mm a dožívají se až 6 let. Naproti tomu královna (viz obrázek č. 11) a samec (viz obrázek č. 12) mohou dorůstat

velikosti 9 až 11 mm. Hlava a částečně i hrud' je zbarvená do cihlově červené až červenohnědé barvy, oproti tomu zadeček a temeno je černé až černohnědé. Na předohrudi a zadohrudi se vyskytuje tmavá skvrna. Mravenec lesní je význačný i tím, že nemá skoro žádné ochlupení (Macek, a další, 2017).



Obrázek 10: Dělnice mravence lesního



Obrázek 11: Samička (královna) mravence lesního



Obrázek 12: *Samec mravence lesního*

3.3.3 Způsob života

Mravenci tohoto druhu staví velká mraveniště nacházející se povětšinou na slunných okrajích lesů, především jehličnatých. Hnízdo má velmi specifický vzhled: jde o poměrně velkou nadzemní kupu, která je složená z jehličí, zeminy a klacíčků. Tato nadzemní část hnízda může dosahovat průměru až 1 metr a výšky půl metru a více, nicméně v podzemí se toho stejně jako u ledovce skrývá dvakrát tolik co nad zemí. Můžeme zde nalézt nespočet komůrek a chodeb. Mraveniště se dá taky použít k orientaci v terénu, jelikož je vždy orientováno na jih, tedy dominantní část nadzemní kupky je orientována na jih, což je pro kolonii velmi významné, jelikož takto dochází lépe k akumulaci tepla a udržení stále teploty uvnitř. O výšce a sklonu celého mraveniště rozhoduje zase sluneční záření. Když je ho málo, tak mraveniště roste strmě co nejvíce do výšky, aby zachytilo alespoň zlomek slunečního svitu. Dále v hnízdě nalezneme něco jako klimatizační systém - soustavu několika desítek chodeb, které mají různé průduchy a uzavíratelné otvory a ty jsou podle potřeby buď otevřené, anebo zavřené (Gyllenstrand, a další, 2004). Obecně mravenci rodu *Formica* jsou velmi nároční na teplotní podmínky, pro svou existenci potřebují mít v hnízdě průměrnou teplotu 26 až 28 °C, což je samozřejmě velmi náročné a proto využívají těchto inovativních řešení. Mimo tyto řešení využívají k udržení teploty i svého vlastního metabolismu (Chapman, a další, 2001).

Jsou zdokumentované i případy, kdy mravenci sami svými těly udržují stálou teplotu hnízda, tím že se v přes den nahřívají na sluníčku a poté co dosáhnou určité teploty, se vydávají do hnízda, čímž zvyšují celkovou teplotu hnízda (Žďárek, 2013).

Mravenec lesní je převážně zoofágní, živí se tedy především hmyzem a drobnými bezobratlými, ovšem i stejně jako mravenec obecný je u tohoto druhu velmi významná trofobióza se mšicemi, která poskytuje mravencům nutný podíl cukru v potravě. Mimo tyto dva hlavní zdroje nepohrdnou ani mízou, kterou získávají z různých druhů stromů, a šťávami a semeny různých druhů plodů. Mravenec lesní jakožto mrchožrout, ale i aktivní lovec, je pro les velmi důležitý. Vzhledem k velikosti mraveniště zbavuje ve velkém les od mrtvolek, ale i od různých parazitů a škůdců. Při lovu mravenci lesní využívají především mohutných kusadel a kyseliny mravenčí, kterou mají uschovanou v jedové žláze na konci zadečku (Sorvari, a další, 2010).

Na rozdíl od mravence obecného klade královna mravence lesního vajíčka s pohlavními jedinci už v březnu a rojení tak probíhá podstatně dříve a to již na konci jara, mezi květnem a červnem (Macek, a další, 2017).

Mravenec lesní se vykazuje velkou agresivitou a teritoriálním chováním. Trvalé feromonové trasy vytvořené pro získávání potravy jsou každou sezónu zesíleny, a pokud dojde k překřížení této cesty cizím druhem mravence, dochází k nepřátelským bojům. Mravenec lesní využívá feromony také v případě, kdy se ocitne v nebezpečí, vypustí takzvaný poplašný feromon, v které je oproti jiným feromonovým stopám vysoký obsah kyseliny mravenčí (Punntila, 1996).

Významným myrmekofilem vyskytujícím se přednostně v blízkosti hnízda mravence lesního je slunéčko velkolepé (*Coccinella magnifica*). Mravenci toto slunéčko většinou ignorují a snáší ho v blízkosti své kolonie, čímž mu nepřímo zajišťují ochranu, ovšem jen pod podmínkou, že jim nelikviduje mšice, v tom případě se ho rychle zbaví (Žďárek, 2013).

4 Pozorování mravenců z roku 2015

Praktická část bakalářské práce volně navazuje na výsledky experimentu provedeného v rámci středoškolské odborné činnosti (Štromajerová, 2015). Tato práce byla zaměřená na potravní preferenci dvou vybraných druhů mravenců, a to mravence obecného a mravence lesního.

4.1 Metodika

Pozorování mělo probíhat od března až do září roku 2015. Mravenci ovšem zpočátku jara nevykazovali přílišnou aktivitu, k této skutečnosti jsem musela přihlédnout a začátek pozorování jsem tak pozorování posunula až na začátek května roku 2015, kdy teploty vzduchu dosahovaly alespoň 18 °C. K této skutečnosti by bylo dobré, při pozorování mravenců s žáky, přihlédnout. Je tedy opravdu důležité pozorování správně načasovat, jelikož i přestože se mravenci ze zimní hibernace probouzejí již v březnu, nebývají touto dobou tolik aktivní a je tedy velmi náročné provádět jakékoliv pozorování a měření.

Jak mravence lesní, tak i mravence obecné jsem pozorovala v jedné lokalitě, a to v obci Kojetice ve Středočeském kraji. Využila jsem této lokality, jelikož pro mě byla dobře dostupná a vyskytovali se tu v době mého pozorování jak mravenec obecný, tak i vzácnější mravenec lesní. Pozorovala jsem jednu kolonii od každého druhu.

Pro porovnání potravních preferencí jsem zvolila 9 trojic podobného potravního materiálu (viz tabulka č. 2) a mým cílem bylo zjistit, jakou potravu z dané trojice mravenci preferují. Krmný materiál byl podobného rázu, snažila jsem se vyhnout tomu, aby byly porovnávány úplně odlišné krmné materiály, ať už jde o konzistenci nebo nutriční hodnoty.

Tabulka 2: Porovnávané krmné materiály

	Krmný materiál 1	Krmný materiál 2	Krmný materiál 3
1	vosa obecná (<i>Vespula vulgaris</i>)	čmelák zahradní (<i>Bombus hortorum</i>)	včela medonosná (<i>Apis mellifera</i>)
2	píškot	müsli	knäckebröt
3	mravenec lesní (<i>Formica rufa</i>)	mravenec žahavý (<i>Myrmica rubra</i>)	mravenec obecný (<i>Lasius niger</i>)
4	med	Ovocný sirup	cukrová voda
5	ostružiny	maliny	lesní jahody

6	syrové vepřové maso	syrové hovězí maso	syrové kuřecí maso
7	sezamové semínko	dýňové semínko	slunečnicové semínko
8	kiwi	mango	ananas
9	larva potemníka moučného (<i>Tenebrio molitor</i>)	larva masařky obecné (<i>Sarcophaga carnaria</i>)	larva mouchy domácí (<i>Musca domestica</i>)

Některé druhy potravy, například mrtvé živočichy nebo semínka jsem se rozhodla nevážit, nýbrž je nabídnout jako celý kus. Ostatní potraviny jsem vážila na analytické váze, která dokáže zaznamenat i malé hmotnosti. Hmotnost všech krmných materiálů, mimo výjimky, které jsem již zmínila, byla 0,5 g.

Vycházela jsem z předpokladu, že si mravenci vždy vyberou jako první ten krmný materiál, o který mají největší zájem, ze strachu, aby je nepředstihl nějaký jiný živočich. Při pozorování jsem postupovala následovně: vždy jsem položila přesně naváženou trojici krmného materiálu na mikroskopické podložní sklíčko (viz obrázek č. 16) a to jsem položila co nejblíže k mraveništi. Poté jsem opodál hnízda (ve vzdálenosti do 3 m), zcela potichu, čekala, který materiál si mravenci vyberou – tedy buď na místě zkonzumují, nebo odnesou do hnízda.

Pozorování probíhala ve třech kolech. V prvním jsem provedla devět pozorování s třemi krmnými materiály, to znamená, že jsem porovnávala 27 krmných materiálů. V každém z těchto devíti pozorování je preferována vždy jedna potrava a to ta, kterou si mravenci vybrali nejčastěji, tudíž devět mravenci vybraných krmných materiálů postoupilo do druhého kola. Ve druhém kole proběhla již jen tři pozorování, a proto do třetího kola pozorování postupovaly pouze tři mravenci volené krmné materiály. Ve třetím a posledním kole jsem provedla jediné pozorování (porovnání preference vůči třem „finálovým“ krmným materiálům) a potravu, kterou si v tomto výběru mravenci vybrali nejčastěji, jsem považovala za nejatraktivnější ze všech nabízených materiálů.

Každé pozorování jsem pětkrát opakovala (pět dnů v průběhu jednoho měsíce), aby byl výsledek co nejvíce objektivní. Obě mraveniště jsem krmila ve stejný den a stejnou potravou. Své poznatky získané z pozorování jsem zaznamenávala do tabulek, vždy jsem v nich uváděla datum, čas, teplotní podmínky, daný krmný materiál a jeho hmotnost. Bohužel jsem do předešlé práce nezaznamenala čas, za který mravenci daný krmný

materiál zkonsumovali, či odnesli do svého hnízda, jelikož pro mě bylo náročné měřit zároveň tři krmné materiály a následně porovnávat a vyhodnocovat rychlost přímé konzumace s odnášením materiálu do hnízda. Pozorování jsem tedy vyhodnocovala jen zaznamenáním prvního odneseného materiálu.

4.2 Výsledky

Vybrala jsem si následujících 9 typů krmných materiálů: zástupce z řádu blanokřídlých tedy vzdálené příbuzné mravenců (čmelák zahradní, vosa obecná, včela medonosná), pevnou potravu bohatou na sacharidy (piškot, müsli, knäckebröt), samotné mravence (mravenec obecný, mravenec lesní, mravenec žahavý), tekutou potravu bohatou na sacharidy (med, ovocný sirup, cukrová voda), lesní ovoce (ostružiny, maliny, lesní jahody), syrové maso obratlovců (vepřové maso, hovězí maso, kuřecí maso), semennou potravu (dýňové semínko, sezamové semínko, slunečnicové semínko), tropické ovoce s kterým se mravenci nemají možnost v přírodě přirozeně setkat (ananas, kiwi, mango) a larvy bohaté na bílkoviny (potemník moučný, moucha domácí, masařka obecná). Larvy i dospělci blanokřídlých byli usmrceni mrazem; nabízení jedinci mravenců pocházeli přímo ze zkoumaných mravenišť. Semínka byla zbavená osemení.

V prvním kole pozorování si mravenci měli na základě své preference vybrat jeden krmný materiál z daných 9 typů. První série pozorování tedy sloužila jen k výběru preferované potravy v rámci určitého typu potravy, například jen lesní ovoce, nebo jen larvy.

Mravenec obecný v prvním kole pozorování preferoval: čmeláka zahradního, mravence žahavého, larvu mouchy domácí, piškot, syrové vepřové maso, slunečnicové semínko, ovocný sirup, maliny a ananas.

Preference mravence lesního se lišila: tito mravenci volili čmeláka zahradního, mravence obecného, larvu mouchy domácí, piškot, syrové hovězí maso, slunečnicové semínko, med, lesní jahody a mango.

První typem potravy byly včela medonosná, vosa obecná a čmelák zahradní. Všichni tři tito živočichové pocházejí z řádu blanokřídlých, a proto jsou vzdáleně příbuzní mravencům. Také jsou mezi nimi dva opylovači: čmelák a včela. Vosa je zase jakýmsi „předchůdcem mravenců“, protože jak jsem již zmínila v kapitole Mravencovití, vědci

předpokládají, že se mravenci, jakožto celá čeleď, vyvinuli z vosovitých předků. Oba druhy mravenců si vybraly čmeláka. Předpokládám, že to nemá nic společného s tím, že je opylovač, ale s tím, že je oproti vose a včele podstatně větší. I když jsem se snažila najít čmeláky co nejmenší, vždy byli o něco větší. Následujícím zjištěným faktem je, že mravenci obecní si ani jednou nevybrali vosu, zato mravenci lesní ji alespoň jednou vybrali.

Další zajímavý poznatek jsem zaznamenala, když jsem mravence krmila mrtvými mravenci. Oba druhy mravenců si jednou vybraly mravence stejného druhu, jako jsou oni sami. Je možné, že pozorovaný jev vypovídá o kanibalismu v rámci jednoho hnízda. Nicméně při dalším krmení si již vybíraly odlišný druh: mravenci obecní si vybrali nejčastěji mravence žahavého a mravenci lesní preferovali mravence obecného. Je tedy možné, že pozorování odnášení konspecifických mrtvolek spíše koresponduje se schopností mravenců odnášet své mrtvé na tzv. pohřebiště (Pull, a další, 2017) než s potravní biologii druhu.

Poté jsem vybrala larvy (larvy brouka potměníka moučného, mouchy domácí a masařky obecné), jelikož mají larvální stádia v sobě obsažené velké množství bílkovin. Oba druhy mravenců preferovaly larvy mouchy domácí. Mravenci obecní si k tomu ještě dvakrát vybrali i larvu potměníka moučného; naopak ani jednou nezvolili larvu masařky obecné. Mravenci lesní si naopak dvakrát vybrali larvu masařky obecné a zcela ignorovali larvy potměníka moučného.

Ze skupiny piškot, obyčejné neochucené müsli a knäckebröt si oba druhy mravenců znovu vybraly stejně, a preferovaly piškot, který je z těchto tří krmných materiálů ten nejsladší. Mravenci lesní se rozhodli ještě pro müsli, ale to zvolili jen jednou. Naopak mravenci obecní vyzkoušeli jak müsli, tak i knäckebröt. Tyto potraviny jsem vybrala z důvodu jejich vysokého obsahu sacharidů, ale také protože se s nimi mravenci ve volné přírodě neměli šanci setkat a bylo zajímavé pozorovat, zda se pro nezvyklou potravu rozhodnou i bez předchozí zkušenosti.

Jak již bylo řečeno v předešlých kapitolách této práce, mravenci konzumují různé druhy živočichů, ovšem především bezobratlých (Jistou výjimkou v tomto směru je druh *Monomorium pharaonis*, který má oblibu právě v mase a je tak velkým problémem

například v nemocnicích, kde se živí na otevřených ranách pacientů a použitých zakrvácených materiálech, též zalézají do různých lékařských zařízení, jako jsou například inkubátory. Tento druh mravence může přenášet až 60 druhů patogenů (Oi, a další, 1994)). Proto jsem mezi krmné materiály zařadila vepřové, hovězí a kuřecí maso, abych vyzkoušela, jestli budou konzumovat i syrové maso obratlovců. Mravenci obecní si vícekrát vybrali vepřové maso, ale vyzkoušeli i hovězí a kuřecí, proto nelze učinit závěr, že preferují vepřové maso. Je pravda, že si poprvé dvakrát vybrali vepřové maso a až poté vyzkoušeli hovězí a následně i kuřecí, ale nakonec se zase vrátili k vepřovému. Mravenci lesní preferovali hovězí maso, ale dvakrát si vybrali i vepřové maso (kuřecí nezvolili ani jednou).

Mravenci v menší míře konzumují i semennou potravu, která je mimo jiné velmi bohatá na proteiny a vlákninou. Proto jsem mravence krmila i semínky, přesněji sezamovými semínky, dýňovými semínky a slunečnicovými semínky. Mravenci obecní i mravenci lesní preferovali slunečnicová semínka, oba druhy si také dvakrát vybraly dýňová semínka. Sezamová semínka si nevybrali ani jednou nevybrali.

Další trojice krmného materiálu: med, cukrová voda, a ovocný sirup, byla zařazena z důvodu velkého množství cukrové složky v nich obsažené. Oba druhy mravenců si ani jednou nevybrali cukrovou vodu (tedy sacharózu, kterou jsem nechala rozpustit ve vodě), mravenci obecní si vybrali nejčastěji ovocný sirup, naopak mravenci lesní preferovali včelí med.

Jako další trojici krmných materiálů jsem použila lesní ovoce: ostružiny, maliny a lesní jahody. S tímto ovocem mohli přijít do styku jak mravenci obecní, tak i mravenci lesní. Mravenci lesní si vybrali lesní jahody a mravenci obecní dali přednost malinám. Mravenci obecní si alespoň jednou vybrali ostružiny a lesní jahody, ale mravenci lesní preferovali jen lesní jahody; ostružiny a maliny si nevybrali ani jednou. Tudíž čtyřikrát zvolili lesní jahody.

Dále bych zmínila tropické ovoce, které se u nás přirozeně nevyskytuje, a proto s ním mravenci žijící v České republice nemohli přijít do styku. Oba druhy mravenců jsou ovšem velmi rozšířeným druhem a to ne jen po České republice, ale po celém světě, je tu tedy možnost, že by se tu mohla projevit potravní preadaptace (viz slovníček pojmů). Nabídla

jsem jim ananas, mango a kiwi. Mravenci obecní preferovali ananas, mango si vybrali jen jednou, a kiwi ani jednou. Mravenci lesní jednou zvolili ananas i kiwi, ale nejčastěji si vybrali mango.

Do druhé série pozorování jsem vytvořila následující trojice krmného materiálu:

Mravenec obecný (viz graf č. 1)

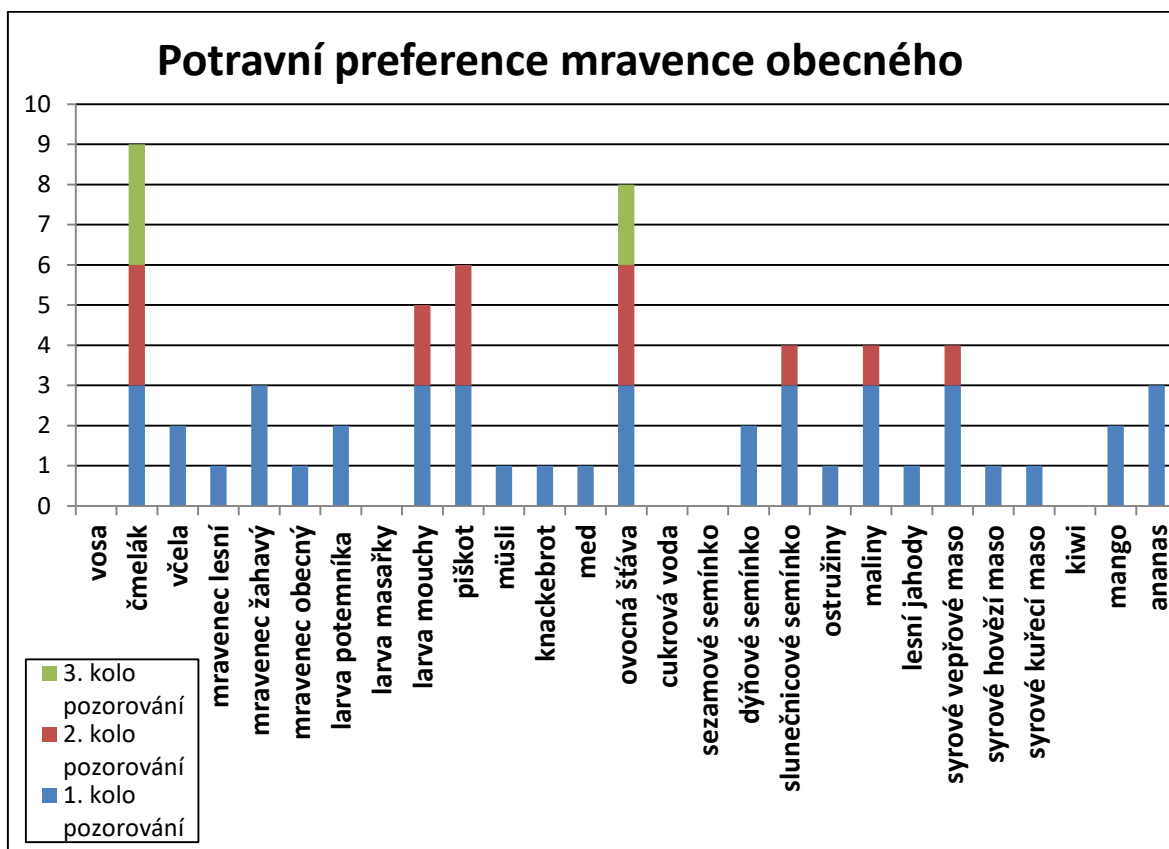
- 1) čmelák zahradní, mravenec žahavý, larva mouchy domácí
- 2) piškot, syrové vepřové maso, slunečnicové semínko
- 3) ovocný sirup, maliny, ananas

Mravenec lesní (viz graf č. 2)

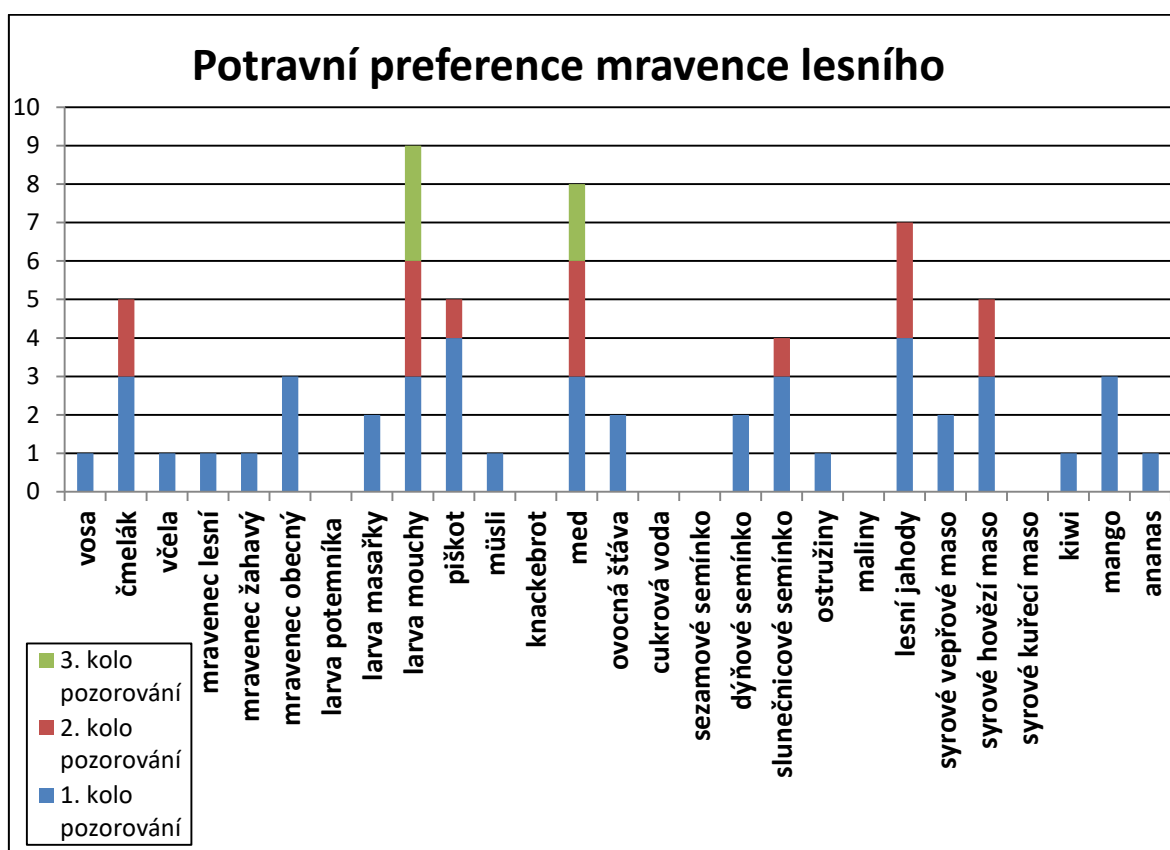
- 1) čmelák zahradní, mravenec obecný, larva mouchy domácí
- 2) piškot, med, slunečnicové semínko
- 3) lesní jahody, mango, syrové hovězí maso

Oba druhy mravenců ve druhé sérii pozorování preferovali jednu bílkovinou bohatou potravu (čmelák zahradní a larva mouchy obecné), jednu čistě cukernatou tekutou potravu (med a ovocný sirup). V třetí preferované potravě (piškot, lesní jahody) se jejich výběr trochu lišil. Mravenci lesní si vybrali lesní jahody, tedy velmi sladké a dužnaté ovoce, které se vyskytuje volně v přírodě; mravenci obecní si vybrali piškot, který je též sladký, ale není již dužnatý a nenachází se volně v přírodě, zato může být dobře dostupný v lidských obydlích.

Z těchto dvou trojic krmných materiálů, které tedy postoupili do třetí a poslední série pozorování, preferovali mravenci obecní čmeláka zahradního, kterého si vybrali třikrát, kdežto ovocný sirup jen dvakrát. Mravenci lesní preferovali larvu mouchy domácí, kterou si oproti medu také zvolili třikrát. Piškot a lesní jahody si mravenci nevybrali ani jednou.



Graf 1: Výsledná potravní preference u mravence obecného



Graf 2: Výsledná potravní preference u mravence lesního

5 Využití experimentu mapující potravní preferenci mravenců ve výuce

Na základě výsledků a zkušeností získaných ze svého pozorování jsem vytvořila tento návrh na dlouhodobý projekt, určený žákům středních, popřípadě i základních škol. Žáci díky tomu získají šanci vyzkoušet si různé metody vědecké práce, od sběru dat až po jejich vyhodnocování. Dále projekt rozvíjí jejich kreativitu, spolupráci a v neposlední řadě je nenásilnou formou vzdělává v oblasti biologie a ekologie. Oproti použitému výzkumnému schématu může být metodika projektu pozměněna.

Tento projekt je určený jak pro žáky středních škol tak i základních škol. Podle aktuálního rámcového vzdělávacího programu by tento projekt měli zvládnout žáci druhého stupně základní školy v rámci výuky přírodopisu i žáci středních škol. Záleží samozřejmě na školním vzdělávacím programu konkrétní školy.

Na základě osobní zkušenosti je projekt ideální zejména pro žáky gymnázia a přírodovědně zaměřených oborů středních škol. Žáci v rámci biologie živočichů mají následující očekávané výstupy (Rámcový vzdělávací program pro gymnázia dostupný na oficiálních webových stránkách Národního ústavu pro vzdělávání (RVP G, 2016)):

- charakterizují hlavní taxonomické jednotky živočichů a jejich významné zástupce
- popíší evoluci a adaptaci jednotlivých orgánových soustav
- objasní principy základních způsobů rozmnožování a vývoj živočichů
- poznají a pojmenují (s možným využitím různých informačních zdrojů) významné živočišné druhy
- uvedou ekologické nároky těchto významných druhů
- posoudí význam živočichů v přírodě a v různých odvětvích lidské činnosti
- charakterizuje pozitivní a negativní působení živočišných druhů na lidskou populaci
- charakterizuje základní typy chování živočichů
- zhodnotí problematiku ohrožených živočišných druhů a možnosti jejich ochrany

Časová dotace tohoto projektu je proměnlivá: záleží na tom, kolik krmných materiálů si žáci vyberou. Ve své práci jsem porovnávala vždy trojice krmných materiálů, ale je možné

porovnávat i dvojice, čtveřice a tak dále. V příloženém pracovním listu (viz příloha č. 1), jsou na výběr tři typy tabulek na zaznamenání výsledků pozorování, právě pro dvojice, trojice a čtveřice porovnávaného krmného materiálu. Z těchto ukázkových tabulek je nutné jednu vybrat a následně nakopírovat pro všechny žákovské skupiny. Počet opakování pozorování lze též upravit podle dostupné časové dotace. Například při výběru čtyř dvojic porovnávaných krmných materiálů a pěti opakováních bude nutné provést 20 pozorování v prvním kole, 10 pozorování v druhém kole a pět pozorování v třetím kole (viz schéma postupu pozorování níže). Tudíž jestliže by žáci chodili nabízet mravencům krmné materiály jednou denně v rámci svého volného času, trvalo by jim samotné pozorování 35 dní (jedno pozorování = jeden den v terénu). Poté je nutné počítat s tím, že je nezbytné žákům projekt vysvětlit a pomoci jim s výběrem, jak samotných druhů mravenců, tak i s krmnými materiály. Tudíž by časová dotace mohla být následující:

- 1 vyučovací hodina (45 minut) na představení daného projektu a vysvětlení postupu pozorování

V rámci vlastního volného času by žáci našli mraveniště, vybrali daný druh mravence a rozmysleli krmné materiály.

- 1 vyučující hodina (45 minut) na konzultaci vybraných druhů mravenců a krmných materiálů

Následně by už mohlo samotné pozorování, které by žáci prováděli mimo výuku a konzultace s vyučujícím by mohly být individuální, rovněž mimo výuku.

- 1 vyučující hodina (45 minut) na konzultaci výsledků, při které konkrétní skupina diskutuje vlastní získané výsledky s vyučujícím a dohodne se na postupu analýzy výsledků a způsobu prezentace zjištěných poznatků
- 2 vyučující hodiny (90 minut) na prezentaci získaných výsledků

Žáci si mohou sami vybrat jakýkoliv druh mravence a následně i krmné materiály. Samozřejmě každý druh mravence má jiné nároky na potravu, proto by bylo vhodné daný druh mravence důkladně prozkoumat a dohledat dostupné informace v literatuře a až poté připravit krmné materiály.

Důležitá je rovněž volba morfologického typu mraveniště. Čeští mravenci budují buď velká kupovitá a tedy dobře viditelná hnízda (tak je tomu například u mravence lesního). U takovýchto mravenišť je snadné a přehledné mravencům dané krmné materiály nabízet. Ovšem vybere-li si žák například mravence s mraveništěm ukrytým v zemi, bude nabízení krmných materiálů podstatně složitější a zdouhavější, jelikož mravencům bude trvat delší dobu než krmný materiál mimo své mraveniště naleznou, a situace při odnášení potravy bude méně přehledná. Je také důležité, aby mraveniště vybraného druhu mravence bylo pro žáka (nebo skupinu žáků) vhodně dostupné, jelikož budou měření a pozorování, provádět v delším časovém období. Předpokládám tedy, že si vyberou mraveniště blízko svého bydliště.

Poté je nezbytné pomocí určovacího klíče nebo atlasu mravence zařadit k příslušnému druhu. Coby určovací klíč mohu doporučit poněkud starší knihu Naši mravenci (Sadil, 1955). Tato kniha je volně dostupná v naskenované verzi na internetu a je uživatelsky přátelská (Štormajerová 2015, vlastní pozorování). Druhou možností je využít atlas Blanokřídle České republiky (Macek, a další, 2017). Tato publikace však neobsahuje určovací klíč a tudíž je vhodná pro již poučené uživatele, kteří mají o mravencích alespoň základní přehled. Ten jim může poskytnou tabulka č. 1 obsažená v podkapitole Mravenci na území České republiky, která uvádí mimo českého a latinského názvu i předpokládané místo výskytu, které ovšem složí jen pro inspiraci, kde by bylo dobré začít vůbec nějaké mraveniště hledat.

Ve své práci jsem sice pozorovala dva druhy mravenců a navzájem jsem je porovnávala, nicméně rozdíl mezi jejich potravními preferencemi byl minimální. Pro potřeby tohoto projektu není nutné, aby si žáci mezi pracovními skupinami vybírali dva druhy mravenců. Samozřejmě by bylo ideální, kdyby žáci volili různé druhy mravenců a poté získané výsledky v závěru celého projektu s ostatními žáky porovnávali. Nicméně tohoto půjde dosáhnout i v případě když si někteří žáci/skupiny vyberou druhy stejné. Poté je zase naopak možná kontrola pozorování, potvrzení hypotézy a větší relevance výzkumu.

Poté co si každý žák/skupina žáků našla své mraveniště a správně určila, jakému druhu mravence hnízdo patří, jej nakreslí (vnější tvar) a detailně popíší na základě již zmíněného určovacího klíče (viz obrázek č. 13). Také doplní do pracovního listu český a

latinský název daného druhu. Doplnění latinského názvu druhu není povinné, avšak může posloužit jako způsob rozšíření vědomostí o mravencích, protože značná část latinských jmen vychází z přílehlavých morfologických či etologických charakteristik.

Nákres vybraného druhu mravence

České jméno:

Latinské jméno:

Obrázek 13: Ukázka z pracovního listu: prostor pro nákres vybraného druhu mravence

Mimo nákresu a popisu mravence také vyplní tabulky s předepsanými taxony pro vyšší systematické zařazení a mravence tak správně zařadí (viz obrázek č. 14). Není nutné vyplnit všechny hierarchické úrovně zařazení, ale pokusit se jich vyplnit co nejvíce. Tato poněkud trudná činnost může pomoci v uvědomění si struktury zoologické klasifikace.

Taxonomické zařazení vybraného druhu mravence

Říše	
Kmen	
Podkmen	
Třída	
Řád	
Čeleď	
Podčeleď	
Rod	
Druh	

Obrázek 14: Ukázka z pracovního listu: tabulka s taxonomickým zařazením

Poté již zbývá jen vybrat vhodné krmné materiály. K inspiraci může sloužit tabulka č. 2 v předešlé kapitole Pozorování mravenců z roku 2015. Nicméně v tomto případě se fantasií meze nekladou a mravence je možné krmit prakticky čímkoliv od různých sladkostí typu gumoví medvídci až po syrové rybí prsty. Nicméně v ideálním případě by měly krmné materiály obsáhnout jak složky bohaté na sacharidy, bílkoviny tak i tuky. Jelikož každá potrava obsahuje různé živiny, maso obsahuje více bílkovin než med, který je zase bohatší na obsah sacharidů. Následně je nutné krmné materiály vhodně spárovat: měly by být stejné konzistence, rozměrů a váhy. Vybrané krmné materiály žáci poté vepíší do předpřipravené tabulky v pracovním listě (viz obrázek č. 15).

V této fázi projektu je také nutné aby si žáci položili výzkumné otázky a na základě nich vytvořili hypotézy a stanovili cíle projektu. Nabízí se tu možnost porovnávat například tvary, barvy, exotické a domácí produkty a mnoho dalších vlastností. K tomu aby si žáci mohli pokládat nějaké otázky, musí ale dané problematice alespoň trochu rozumět a orientovat se v ní. Je tedy nutné, aby měli alespoň základní povědomí o hmyzu obecně a o mravencích jako takových. Toto je možné pojmout formou samostudia, kdy si žáci danou problematiku nastudují doma sami, anebo formou přednášky kdy jim učitel dané téma odvypráví. Pro samostudium bych doporučila knihy Jana Žďárka: Proč vosy, včely,

čmeláci, mravenci a termiti...? aneb Hmyzí státy (Žďárek, 1997) nebo její novější, doplněné vydání Hmyzí rodiny a státy (Žďárek, 2013).

Dále bych měla jedno doporučení a zároveň upozornění: žáci mohou zvolit jako krmný materiál i tkáň či celé jedince jiných živočichů. V takovém případě je však důležité předem zkontrolovat, jestli se nejedná o druh chráněný zákonem. Pokud se žáci rozhodnou pro využití například chráněného hmyzu a nelze najít ekvivalent nezmíněný v Červeném seznamu, je nezbytné zajistit, aby byli sbíráni pouze uhynulí jedinci.

Státem nechráněné živočichy je možné pro tyto účely usmrtit, ovšem je nutné učinit tak humánním způsobem, nejlépe za dozoru vyučujícího. Je samozřejmě na vyučujícím jestli bude dané živočichy usmrcovat sám či to nechá na žácích, já bych ovšem trvala na tom, že pokud si žáci vyberou živé krmné materiály, tak je musí i sami usmrtit – jinak si cenu života daného živočicha neuvědomí. Za všech okolností je však důležité zvolit náležitý způsob smrcení, který nijak neovlivní kvalitu potravy a mravenčí preference. Nejvhodnějším způsobem je dekapitace, kterou jsem využila při vlastní práci: ostrým skalpelem jsem oddělila hlavu hmyzu od zbytku těla. Je to jedna z možností jak daného živočicha rychle, efektivně a humánně usmrtit, bez užití chemikálií a s co nejmenším poškozením tělních soustav. Druhou možností je usmrtit živočichy rychlým hlubokým zmrazením.

Využití klasické entomologické smrtičky s pilinami a octanem ethylnatým je diskutabilní – je totiž možné, že stopové zbytky chemikálie ovlivní atraktivitu potravy pro mravence. Doporučuji tedy využít jiné způsoby smrcení.

Krmné materiály

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

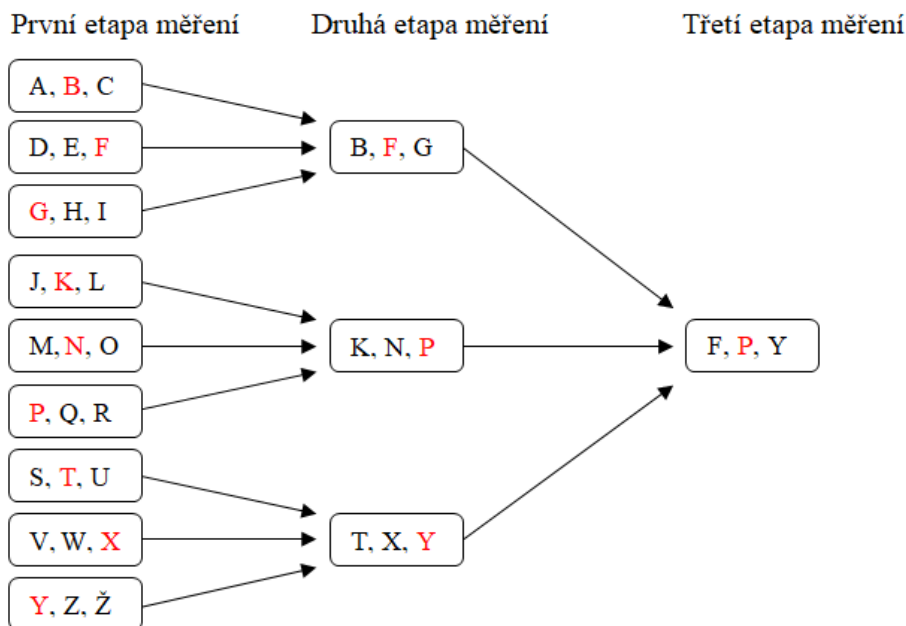
Obrázek 15: Ukázka z pracovního listu: tabulka pro vybrané krmné materiály

Následně je nutné si rozmyslet jak celé pozorování konstruovat a kolik času mu věnovat. Je jasné, že čím více skupin porovnávaných krmných materiálů žáci vytvoří, tím bude celý projekt delší. Dále ještě záleží na počtu opakování, tedy kolikrát budou stejnou skupinu (dvojici, trojici atd.) krmného materiálu mravencům předkládat. Ve své práci jsem každé pozorování opakovala pětkrát, je však možné počet opakování jak zvýšit tak i ubrat. Ovšem je možné, že zmenšením počtem opakování budou výsledky méně relevantní, jelikož právě opakování pozorování poskytuje větší objektivitu a přesnější výsledky.

Poté si již jen zbývá rozmyslet, jestli bude dané pozorování rozdělené na etapy (tedy kola pozorování) či ne. Jestliže ano tak do kolika. V následujícím schématu je ukázán postup mého pozorování.

Na schématu na obrázku č. 16 vidíme postup krmných materiálů do dalších etap pozorování. Můžeme si všimnout, že z prvního kola do druhého kola pozorování postoupil krmný materiál B, F, G, K, N, P, T, X a Y. Z druhého kola do třetího a posledního kola pozorování postoupil krmný materiál F, P a Y. Ve třetím kole si mravenci vybírají z již zmíněných tří krmných materiálů a ta potrava, kterou si vyberou nejčastěji, by měla být ta, kterou preferují: v případě modelové situace je touto potravou potrava P.

Postup pozorování



Velká písmena.....krmný materiál

Červeně označená písmena.....krmný materiál, který si mravenci vybrali nejčastěji.

Obrázek 16: Schéma postupu pozorování

Tento postup je ovšem velmi komplikovaný a myslím, že není ani tolik účelný, proto bych doporučila provést jen jednu etapu pozorování, tedy nezkoumat další preference v prvním kole preferovaných krmných materiálů (druhé a třetí kolo/etapa pozorování). Nicméně je možné použít jeden krmný materiál ve více skupinách krmných materiálů. Tedy například, vytvořit jednu skupinu jablko, hruška a švestka a poté dané jablko zařadit i do další skupiny, např. jablko, pomeranč, citrón.

Následuje již samotné praktické provedení projektu. Jsou potřeba následující pomůcky: váha s vysokým rozlišením, ideálně analytická pro měření hmotnosti krmných materiálů (postačí však na většině škol dostupné předvážky), podložní sklo, na které se budou naváženy krmné materiály připravovat; ostrý nůž a malá lžička na odebírání krmného materiálu.

Vítaným zpestřením tohoto projektu by mohla být právě fotodokumentace celého pozorování (viz obrázek č. 17). Žáci by tak mohli vytvářet fotky krmných materiálů, mravenišť, ale i skupiny hemžících se mravenců kolem krmných materiálů.



Obrázek 17: Ukázka krmných materiálů na podložním skličku

Praktickou část žáci provádějí sami pod odborným distančním vedením svého vyučujícího pro případ nenadálých problémů a konzultací. Výsledky pozorování zaznamenávají do příslušných tabulek v pracovním listu. Poté co provedou veškerá pozorování a shromáždí dostatek dat, přichází fáze zpracovávání výsledků, tedy je nutné konfrontovat výsledky pozorování s počátečními hypotézami a stanovenými cíli. Na to mají žáci vyhrazený určitý prostor v pracovním listu (viz obrázek č. 18), kde by měli v pár větách shrnout na co vlastně přišli a jestli byla daná hypotéza potvrzena či vyvrácena, a popřípadě proč došlo k vyvrácení.

Závěr

Obrázek 18: Ukázka z pracovního listu: prostor pro žáky k vyhodnocení svého pozorování

Tyto závěry následně společně sdílejí při závěrečné ústní reflexi s ostatními žáky. Každý žák/skupina předvede výsledky a závěry své práce a následně diskutují o důvodech odlišnosti získaných výsledků nebo poukážou na vzájemné potvrzení výsledků; hovořit mohou rovněž o možných problémech a nesrovnalostech, které se vyskytly v průběhu terénní části projektu.

Projekt by měl končit také zpětnou vazbou od žáků směrem k učiteli. Je důležité především zjistit, jestli se jim daný projekt líbil či nelíbil a popřípadě co by se mělo změnit. Dále by také měly zaznít dotazy ohledně složitosti a náročnosti projektu. Žáci si také díky této reflexi sami uspořádají myšlenky i informace získané během celého projektu a mohou je tak lépe zpracovat a tím celkový proces učení efektivně zakončit.

Ráda bych ještě nakonec zmínila jednu z možných alternativ. Samozřejmě je možné využít i takzvaných mravenčích farem (Mravenčí farma je zařízení určené pro chov mravenců. Jde vlastně svým způsobem o úzké akvárium vyplněné určitou hmotou, ve většině případů gelem, ve kterém jsou veškeré potřebné živiny. Mravenci si poté v tomto gelu tvoří cesty tím, že gel vyjídají.). Ovšem je nutné nejprve několik těchto farem obstarat, což je finančně

poněkud náročné (200 - 1000 Kč/jedna farma) a následně nachytat samotné mravence venku, což může být poměrně složitý úkon. Nicméně jsou tito mravenci nějakým způsobem traumatizováni a v nepřírodných podmínkách není možné zaručit, že budou na krmné materiály reagovat stejně jako mravenci téhož druhu v přirozeném prostředí. Samozřejmě má to i několik nesporných výhod: tyto farmy jsou buď zcela, nebo jen částečně průhledné, tudíž je možné nerušeně sledovat, jak mravenci hloubí své tunely a následně tvoří komůrky, což samozřejmě u mravenišť ve volné přírodě nelze. Ovšem většina těchto farem je naplněná gelem, který obsahuje veškeré minerály a živiny potřebné pro mravenčí život, což je samozřejmě pro pozorování potravních preferencí nevhodné. Tento gel by ovšem mohl být využit separátně jako jeden z krmných materiálů a na jeho preferenci vůči přirozené potravě ukázat, jak moc je pro mravence vhodný.

Myslím si, že hlavním problémem bude časová náročnost. Nejde jen o samotné pozorování a průběh práce, ale o přípravu. Je nutné žáky pečlivě instruovat, vysvětlit jim postup práce a i možné komplikace. Následně uvést žáky do samotné problematiky: nedá se provádět žádný výzkum, bez vhodné průpravy a informací o zkoumaném problému. Žáci tedy musejí znát základy fylogeneze bezobratlých, mít alespoň základní povědomí o hmyzu a běžném způsobu jejich života, anatomii a morfologii a následně, to samé i o mravencích obecně. Tím lze také předejít zraněním způsobeným mravenci výzkumníkům. Ráda bych v průběhu dalšího studia vytvořila brožuru se základními informacemi o této problematice, určenou právě pro žáky, kteří by se daného projektu účastnili.

Během tvorby tohoto projektu jsem si několikrát položila otázky týkající se cíle celého projektu. Je cílem, aby se žáci naučili nějakou konkrétní informaci/informace, nabyli nové vědomosti nebo se naučili nějaké nové dovednosti? K čemu je tento projekt vlastně dobrý? Co si z toho žáci odnesou? A jak vlastně poznám, že byl úspěšný?

V ideálním případě bych chtěla, aby projekt žáky motivoval k dalším podobným činnostem, tedy k výzkumu, k nějaké vlastní práci, zaměřené nejen přírodovědně. Dále bych uvítala rozšíření povědomí o mravencích samotných: každý mravence zná, ale jen málo kdo o nich opravdu něco ví. A myslím si, že mravenci jsou opravdu vhodné téma, jelikož jsou zajímaví jak z fylogenetického hlediska, tak i z ekologie, genetiky, sociální struktury a dalších oborů a je stále čemu se věnovat. Mimo to by měl mít projekt i

sdružovací charakter, jelikož pokud jsou žáci v průběhu projektu rozděleni do skupinek, namísto aby pracovali jako jedinci, naučí žáky také spolupráci a dělbu práce, čímž by se mohli i inspirovat u samotných mravenců, jejichž schopnost kooperace je opravdu neuvěřitelná, jak již bylo popsáno v teoretické části práce.

Samotná praktická část projektu žáky také naučí samostatnosti a určitým ekologickým praktikám a úctě k přírodě, tedy „do mraveniště se nekopá, ale pozoruje se“. Samozřejmě se to dá i pojmout tak, že je to jakési zpestření klasické výuky.

Učivo a očekávané výstupy tohoto projektu jsem shrnula v následujících bodech:

Učivo probrané v rámci projektu

- Mravencovití v rámci hmyzí říše
- Základní principy a postupy v rámci metody pozorování
- Taxonomické jednotky

Očekávané výstupy projektu

- Žáci umí samostatně provést pozorování a vyhodnotit získaná data
- Žáci dokáží v rámci řízené diskuse prezentovat své výsledky
- Žáci dokáží vysvětlit co je mravenec a následně ho zařadit do správného taxonu
- Žáci dokáží poznat alespoň několik základních druhů mravenců žijících na území České republiky
- Žáci dokáží charakterizovat čeled' mravencovití

To, že je projekt úspěšný, se pozná samozřejmě z praxe, především ze zpětné vazby. Ale za úspěch bych považovala již samotné dokončení terénní práce pozorování. To se ukáže v závěrečné diskusi, kterou je projekt zakončen.

Tento projekt by se také dal zařadit mezi zážitkovou pedagogiku: podstata tzv. zážitkového učení je zpracování daného zážitku (Hanuš, a další, 2009). Postup jak toho docílit je poměrně jednoduchý: zpočátku je důležité určit si jasný cíl. Na toto existuje velmi dobrá pomůcka v podobě anglického slova SMART (cíle by měly být Specifický, Měřitelný, Adekvátní, Realistický a Termínovaný).

Svůj cíl jsem již stanovila výše, nicméně ráda bych okomentovala tento bod. Myslím si, že můj cíl je jak dostatečně specifický, adekvátní, tak i realistický a termínovaný. Ovšem měřitelný v pravém slova smyslu není, nicméně úspěch projektu by se dal „změřit“ a ověřit pomocí již zmíněné závěrečné reflexe skládající se z několika předem stanovených jednoduchých otázek, anebo následného testu z dané problematiky, což by mohlo poskytnout dostačující data k tomu, aby se dala vyhodnotit úspěšnost projektu.

Otázky pro zpětnou vazbu (určeno pro žáky)

- 1) Splnil projekt vaše očekávání?
- 2) Naučili jste se během projektu něco nového? (popište prosím co nejdetailněji co a jakým způsobem)
- 3) V čem měl pro vás projekt největší přínos?
- 4) Připadal vám projekt dlouhý/krátký?
- 5) Byl projekt dostatečně vysvětlen? Rozuměli jste všemu?
- 6) Co se vám na projektu líbilo nejvíce a co nejméně?
- 7) Co byste na projektu zlepšili?
- 8) Chtěli byste ještě něco říci?

Poté co máme shromážděna všechna potřebná data ze zpětné vazby, lze přejít k zhodnocení projektu, vytváření různých hypotéz (proč a co funguje či nefunguje) a následně i nových cílů, díky kterým je možné daný projekt zlepšit a opravit.

6 Závěr

Tuto práci jsem dělala s jedním důležitým cílem. Chtěla jsem vytvořit přehledný výukový materiál, na základě kterého se žáci seznámí s mravenci z úplně jiného úhlu - na základě své vlastní činnosti.

V teoretické části práce jsem shrnula poznatky o čeledi Formicidae, jakožto celku, ovšem s důrazem na rody vyskytující se v našem prostředí. Následně jsem se blíže soustředila na oba modelové druhy, tedy mravence lesního a obecného, u kterých jsem popsala způsob jejich života, vývoj a morfologii. Na základě své středoškolské odborné činnosti jsem poté detailně popsala metodiku navrženého školního projektu, kterou jsem se snažila doplnit různými doporučeními. Žáci by si v rámci projektu měli vyzkoušet samostatnou práci v terénu formou pozorování samostatně vybraných mravenčích kolonií. Jako první si položí výzkumné otázky a vytvoří hypotézy, na základě kterých sestaví seznam krmných materiálů, které budou následně mravencům nabízet. Veškeré získané data zaznamenávají do přiloženého pracovního listu, který by jim měl pomoci si utřídit myšlenky. Rovněž jsem se snažila upozornit na všechny možné komplikace a nabídnout k nim adekvátní řešení.

Osobně si myslím, že jsou mravenci velmi zajímaví živočichové, s důmyslným společenským systémem a hierarchií. Doufám, že budu moci pokračovat v následujícím studiu na této fakultě, jelikož bych ráda tento projekt ještě o něco rozšířila a samozřejmě i uplatnit v praxi. Byla bych také ráda, kdyby tento projekt inspiroval žáky, pro který je určený a probudil v nich zájem o život mravenců, motivoval je tak k jejich vlastním výzkumům. Při studiu materiálu jsem totiž zjistila, že v této oblasti je ještě mnoho, co se dá objevovat a zkoumat.

7 Seznam použitých informačních zdrojů

Anderson, Kirk E., Linksvayer, Timothy A. a Smith, Chris R. 2008. The causes and consequences of genetic caste determination in ants (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*. 2008, 11 (11), stránky 119-132.

Bolton, Barry. 2003. *Synopsis and classification of Formicidae*. Gainesville, FL : American Entomological Institute, 2003. ISBN 1887988157.

Boudinot, Brendon. 2015. Contributions to the knowledge of Formicidae (Hymenoptera, Aculeata): a new diagnosis of the family, the first global male-based key to subfamilies, and a treatment of early branching lineages. *European Journal of Taxonomy*. 2015, 120 , stránky 1-62.

Brough, E. J. 1976. Notes on the ecology of an Australian desert species of *Calomyrmex* (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of the Australian Entomological Society*. 1976, 15 (3), stránky 339-346.

Delabie, Jacques HC. 2001. Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. *Neotropical Entomology* . 2001, 30 (4), stránky 501-516.

Deslippe, Richard. 2010. Social Parasitism in Ants. *Nature Education Knowledge*. 2010, 1 (8), stránky 67-100.

Dorigo, M., Gambardella, L. M., Birattari, M., Martinoli, A., Poli, R. a Stützle, T. 2006. Ant colony optimization and swarm intelligence. *5th international workshop, Springer*. 2006.

Ellis, William B. 1999. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. *Journal of Industrial Ecology* . 1999, 3 (2-3), stránky 192-195.

Eshel, Ilan a Matessi, Carlo. 1998. Canalization, genetic assimilation and preadaptation: a quantitative genetic model. *Genetics* . 1998, 149 (4), stránky 2119-2133.

Frouz, Jan, Holec, Michal a Kalčík, Jiří. 2003. The effect of *Lasius niger* (Hymenoptera, Formicidae) ant nest on selected soil chemical properties. *Pedobiologia*. 2003, 47 (3), stránky 205-212.

Gorb, Elena a Gorb, Stanislav. 2003. *Seed dispersal by ants in a deciduous forest ecosystem: mechanisms, strategies, adaptations.* Springer Science & Business Media, 2003. ISBN 9401701733.

Goropashnaya, Anna V., Fedorov, Vadim B. a Pamilo, Pekka. 2004. Recent speciation in the *Formica rufa* group ants (Hymenoptera, Formicidae): inference from mitochondrial DNA phylogeny. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2004, 32 (1), stránky 198-206.

Grimaldi, David a Agosti, Donat. 2000. A formicine in New Jersey Cretaceous amber (Hymenoptera: Formicidae) and early evolution of the ants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2000, 97 (25), stránky 13678-13683.

Grüter, Christoph, Czaczkes, Tomer J. a Ratnieks, Francis LW. 2011. Decision making in ant foragers (*Lasius niger*) facing conflicting private and social information. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 2011, 65 (2), stránky 141-148.

Gyllenstrand, Niclas, Seppä, Perttu a Pamilo, Pekka. 2004. Genetic differentiation in sympatric wood ants, *Formica rufa* and *F. polyctena*. *Insectes Sociaux*. 2004, 51 (2), stránky 139-145.

Hanuš, Radek a Chytilová, Lenka. 2009. *Zážitkové pedagogické učení.* Praha : Grada Publishing as, 2009. ISBN 9788024728162.

Harper, Douglas. 2001. Online etymology dictionary. [Online] 2001. [Citace: 2. 4 2019.]

Hölldobler, Bert a Wilson, Edward O. 1990. *The ants.* Cambridge : Harvard University Press, 1990. ISBN 0674040759.

Chapman, Roselle E. a Bourke, Andrew FG. 2001. The influence of sociality on the conservation biology of social insects. *Ecology Letters*. 2001, 4 (6), stránky 650-662.

Jackson, Duncan E. a Ratnieks, Francis LW. 2006. Communication in ants. *Current biology*. 2006, 16 (15), stránky 570-574.

Johnson, B. R., Borowiec, M. L., Chiu, J. C., Lee, E. K., Atallah, J. a Ward, P. S. 2013. Phylogenomics resolves evolutionary relationships among ants, bees, and wasps. *Current Biology*. 2013, 23 (20), stránky 2058-2062.

Kipyatkov, Vladilen E. 2001. Seasonal life cycles and the forms of dormancy in ants (Hymenoptera: Formicoidea). *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*. 2001, 65 (2), stránky 211-238.

Klotz, J. H., Hansen, L., Pospischil, R. a Rust, M. 2008. *Urban ants of North America and Europe: identification, biology, and management*. New York : Cornell University Press, 2008. ISBN 9780801474736.

Kronauer, Daniel JC a Pierce, Naomi E. 2011. Myrmecophiles. *Current Biology*. 2011, 21 (6), stránky 208-209.

Landolt, Peter J. 1997. Sex attractant and aggregation pheromones of male phytophagous insects. *American Entomologist*. 1997, 43 (1), stránky 12-22.

Lucas, Eric R., Privman, Eyal a Keller, Laurent. 2016. Higher expression of somatic repair genes in long-lived ant queens than workers. *Aging (Albany NY)*. 2016, 8 (9), stránky 43-67.

Macek, J., Straka, J., Bogusch, P., Dvořák, L., Bezděčka, P. a Tyrner, P. 2017. *Blanokřídli České republiky: Žahadloví. I*. Praha : Academia, 2017. ISBN 9788020017727.

Oi, D. H., Vail, K. M., Williams, D. F. a Bieman, D. N. 1994. Indoor and outdoor foraging locations of Pharaoh ants (Hymenoptera: Formicidae) and control strategies using bait stations. *Florida Entomologist*. 1994, 77 (1), stránky 85-91.

Pech, Pavel. 2014. Introduction to the Phylogeny and Evolution of Ants. *ŽIVA*. 2014, 12 (11), stránky 291-295.

Pull, Christopher D. a Cremer, Sylvia. 2017. Co-founding ant queens prevent disease by performing prophylactic undertaking behaviour. *BMC evolutionary biology*. 2017, 17 (1), stránky 189-219.

Punntila, Pekka. 1996. Succession, forest fragmentation, and the distribution of wood ants. *Oikos*. 1996, 3 (4), stránky 291-298.

Resh, Vincent H. a Cardé, Ring T. 2009. *Encyclopedia of insects*. San Diego : Academic Press, 2009. ISBN 9780123741448.

- Robertson, H. G. 2000.** Afrotropical ants (Hymenoptera: Formicidae): Taxonomic progress and estimation of species richness. *Journal of Hymenoptera Research* . 2000, 9 (1), stránky 71-84.
- RVP G, obor 79-41-K/41. 2016.** Praha: MŠMT. [Online] 2016. [Citace: 13. Duben 2019.] <http://www.nuv.cz/t/rvp-pro-gymnazia>.
- Sadil, Josef. 1955.** *Naši mravenci*. Praha : Orbis, 1955.
- Seifert, Bernhard. 1991.** *Lasius platythorax n. sp.* a Widespread Sibling Species of *Lasius niger* (Hymenoptera: Formicidae). *Entomologia Generalis*. 1991, 16 (1), stránky 69-81.
- Schaal, Stephan a Ziegler, Willi. 1992.** *Messel: An Insight into the History of Life and of the Earth*. USA : Oxford University Press, 1992. ISBN 9780198546542.
- Smith, C. R., Dolezal, A., Eliyahu, D., Holbrook, C. T. a Gadau, J. 2009.** Ants (Formicidae): models for social complexity. *Cold Spring Harbor Protocols* . 2009, 2009 (7).
- Smrž, Jaroslav. 2015.** *Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů*. Praha : Korolimum, 2015. ISBN 9788024622583.
- Sorvari, Jouni a Tapio, Eeva. 2010.** Pollution diminishes intra-specific aggressiveness between wood ant colonies. *Science of the total environment*. 2010, 408 (16), stránky 3189-3192.
- Styrsky, John D. a Eubanks, Micky D. 2006.** Ecological consequences of interactions between ants and honeydew-producing insects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2006, 274 (1607), stránky 151-164.
- Štromajerová, Kristýna. 2015.** *Potravní preference mravenců*. Praha : Středoškolská odborná činnost: Obor 04 Biologie, 2015.
- Tautz, Jürgen. 2008.** *The buzz about bees: biology of a superorganism*. Berlin : Springer Science & Business Media, 2008. ISBN 9783540787273.
- Turner, Scott. 2016.** Semiotics of a Superorganism. *Biosemiotics*. 2016, 9 (1), stránky 85-102.

Vysoký, Václav a Šutera, Václav. 2001. *Mravenci severozápadních Čech*. Ústí nad Labem : Albis international, 2001. ISBN 8086067564.

Ward, Philip S. 2014. The phylogeny and evolution of ants. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2014, 45, stránky 23-43.

Werner, Petr a Wiezik, Michal. 2007. Vespoidea: Formicidae (mravencovití). Annotated checklist of the Aculeata (Hymenoptera) of the Czech Republic and Slovakia. *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae*. 2007, 11, stránky 133-164.

Wetterer, James K. 2013. Worldwide spread of the difficult white-footed ant, *Technomyrmex difficilis* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*. 2013, 18, stránky 93-97.

Wilson, Edward O. a Hölldobler, Bert. 2005. The rise of the ants: a phylogenetic and ecological explanation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2005, 102 (21), stránky 7411-7414.

Žďárek, Jan. 2013. *Hmyzí rodiny a státy*. Praha : Academia, 2013. ISBN 9788020022257.

Žďárek, Jan. 1997. *Proč vosy, včely, čmeláci, mravenci a termity...? aneb Hmyzí státy*. Praha : Ústav organické chemie a biochemie AV ČR, 1997. ISBN 8090213073.

8 Seznam příloh

Příloha 1: Pracovní list pro žáky

Příloha 2: Seznam obrázků, tabulek a grafů

Příloha 1: Pracovní list

Jméno a příjmení:

Třída:

Systematické a taxonomické zařazení vybraného druhu mravence

Říše	
Kmen	
Podkmen	
Třída	
Řád	
Čeleď	
Podčeleď	
Rod	
Druh	

Nákres vybraného druhu mravence

České jméno:

Latinské jméno:

Krmné materiály

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Výsledky pozorování

Tabulka pro tři krmné materiály a pět opakování

				Vybraný krmný materiál		
č.	Datum	Čas	Teplota (°C)			
1						
2						
3						
4						
5						

Tabulka pro dva krmné materiály a pět opakování

				Vybraný krmný materiál	
č.	Datum	Čas	Teplota (°C)		
1					
2					
3					
4					
5					

Tabulka pro čtyři krmné materiály a pět opakování

				Vybraný krmný materiál			
č.	Datum	Čas	Teplota (°C)				
1							
2							
3							
4							
5							

Závěr

Příloha 2

Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma stavby těla mravenčí dělnice s vyznačenou metapleurální žlázou (Autor: LadyofHats (English version); snek01 (Czech translation) – Translated to Czech language from Image:Scheme ant worker anatomy-en.svg. Image renamed from Image:Ant worker morphology cs.svg, Volné dílo, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2904000>)

Obrázek 2: Dělnice – pohled shora (1), hlava mravence (2), larva (3), samec (4), zárodek (5), samička (6), kokony (7), dělnice – pohled ze strany (8) (Vlastní dílo, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=800160>)

Obrázek 3: Ukázka koncentrovaného typu hnízda u mravence lesního (Autor: Chmee2 – Vlastní dílo, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16673262>)

Obrázek 4: Ukázka difúzního typu hnízda u mravence obecného (Autor: Marcus33 – Vlastní dílo, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5094397>)

Obrázek 5: Mraveniště mravenec černošedého se vstupem v dutině stromu (Autor: P.leďr – p.leďr, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10222466>)

Obrázek 6: Dělnice mravence obecného (Autor: The photographer and www.AntWeb.org, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8139647>)

Obrázek 7: Samička (královna) mravence obecného (Autor: Jens Buurgaard Nielsen – Photo taken in The Hague, The Netherlands by Jens Buurgaard Nielsen, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1006962>)

Obrázek 8: Samec mravence obecného (Autor: April Nobile and www. AntWeb.org, CC-BY-SA-3.0, http://www.antwiki.org/wiki/File:Lasius_niger_casent0178775_profile_1.jpg)

Obrázek 9: Rojení mravence obecného (Autor: KoS – Vlastní dílo, Volné dílo, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2369489>)

Obrázek 10: Dělnice mravence lesního (Autor: Richard Bartz, Munich Makro Freak – Vlastní dílo, CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2096572>)

Obrázek 11: Samička (královna) mravence lesního (Autor: The photographer and www.AntWeb.org, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8148846>)

Obrázek 12: Samec mravence lesního (Autor: Hectonichus – Vlastní dílo, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=36514178>)

Obrázek 13: Ukázka z pracovního listu: prostor pro nákres vybraného druhu mravence (archiv autorky)

Obrázek 14: Ukázka z pracovního listu: tabulka s taxonomickým zařazením (archiv autorky)

Obrázek 15: Ukázka z pracovního listu: tabulka pro vybrané krmné materiály (archiv autorky)

Obrázek 16: Schéma postupu pozorování (archiv autorky)

Obrázek 17: Ukázka krmných materiálů na podložním sklíčku (Štřomajerová, 2015)

Obrázek 18: Ukázka z pracovního listu: prostor pro žáky k vyhodnocení svého pozorování (archiv autorky)

Seznam tabulek

Tabulka 1: Výskyt mravenců České republiky

Tabulka 2: Porovnávané krmné materiály

Seznam grafů

Graf 1: Výsledná potravní preference u mravence obecného

Graf 2: Výsledná potravní preference u mravence lesního